REGULACION DE TURBINAS HIDRAULICAS

Formas de regulación de velocidad de turbinas hidráulicas

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{P_m - P_e}{J.\Omega}$$

$$J\,\omega\,\dot{\omega} = P_m - P_e$$

Ω = Velocidad angular del rotor.
J = Momento de inercia del rotor.
P_m = Potencia entregada al eje.
P_e = Potencia extraída del eje.

$$\frac{1}{2} J w^2 = \int P_m dt - \int P_e dt$$

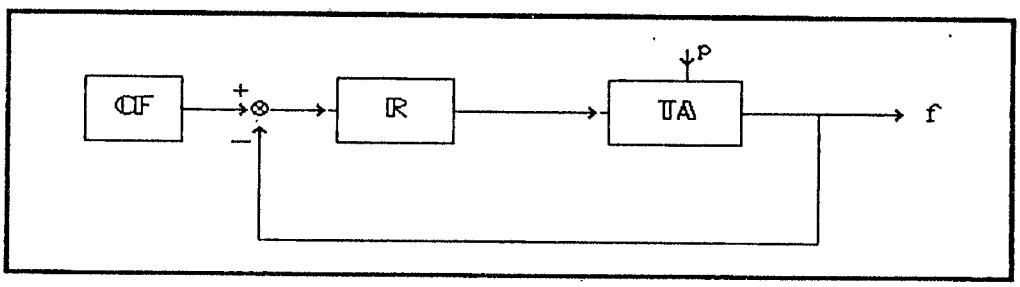
Regulación por variación de la carga

Regulación por variación de la turbina

$$P_m = \eta . \gamma . Q . \Delta H$$

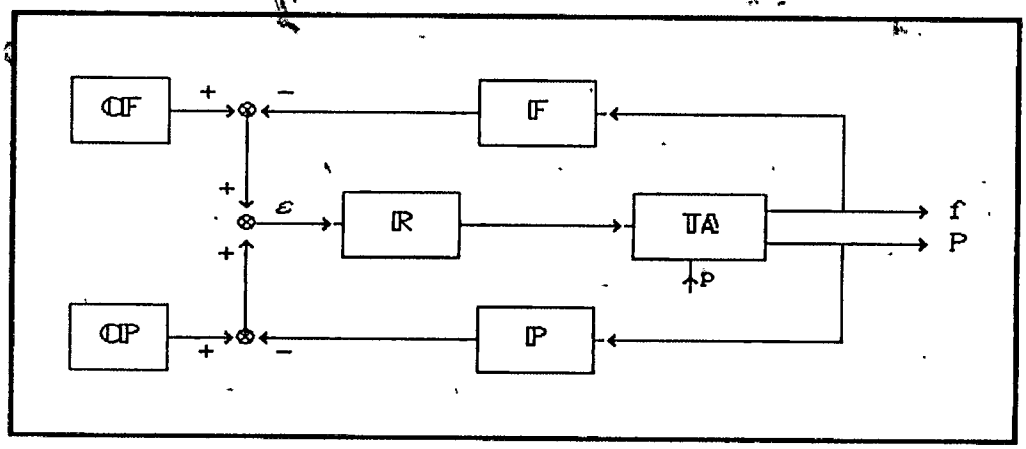
η = Rendimiento de la turbina.
γ = Peso específico del agua. $= \rho g = 9{,}800 \frac{kg}{m^2 s^2}$
Q = Caudal turbinado. (m^3/s)
ΔH = Salto. (m)

Regulación en vacio o en un sistema aislado



CF = CONSIGNA DE FRECUENCIA
R = REGULADOR
TA = TURBINA-ALTERNADOR

Regulación en una red

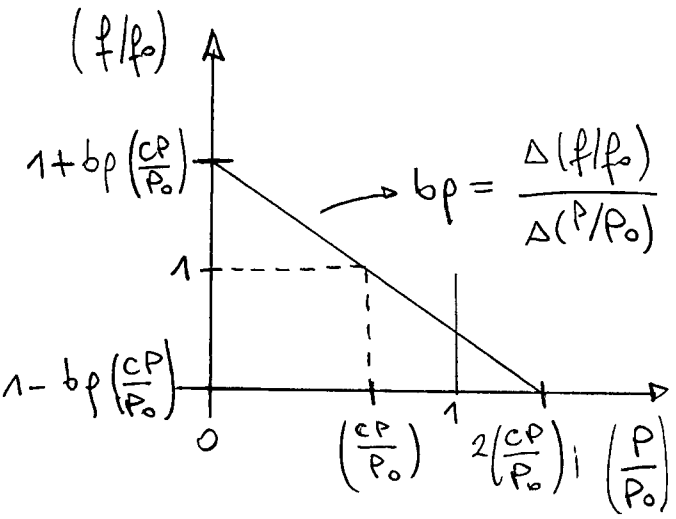


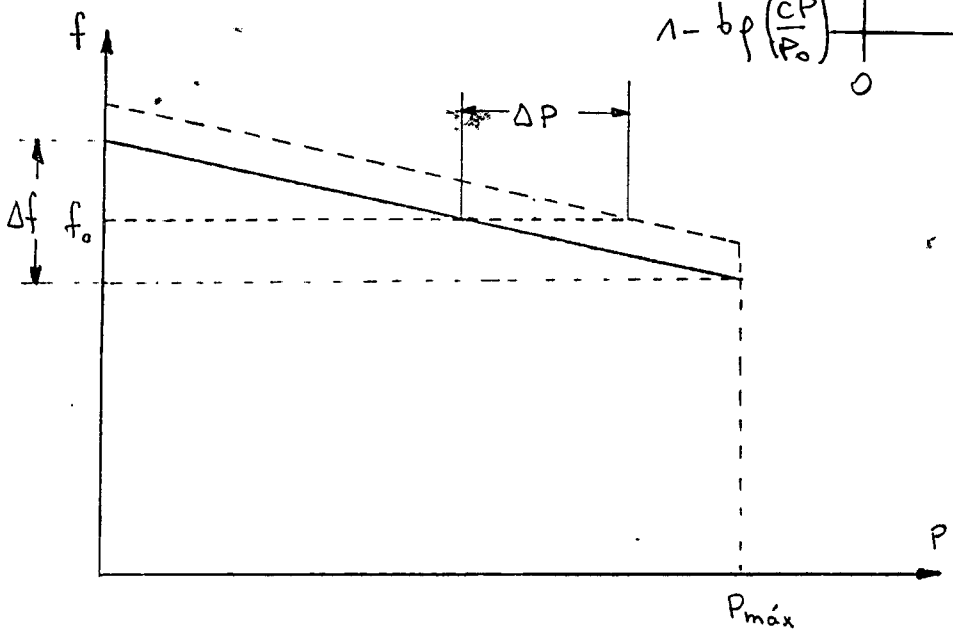
$CF = f_o = 50\ Hz$

$$\varepsilon = \frac{\Delta f}{f_o} + b_p \frac{\Delta P}{P_o}$$

$$\left(\frac{f}{f_o}\right) = 1 + b_p\left(\frac{CP}{P_o}\right) - b_p\left(\frac{P}{P_o}\right)$$

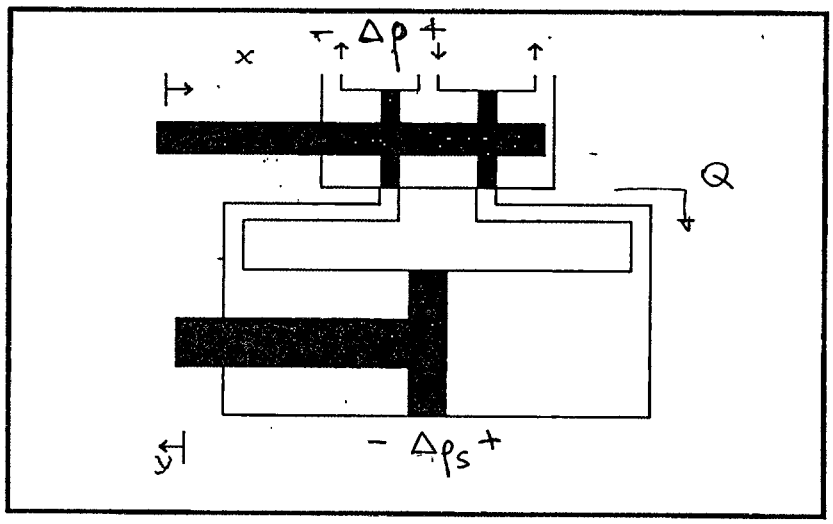
ε = Señal error.
f_o= Frecuencia nominal.
P_o= Potencia nominal.
b_p= Estatismo permanente.
Δf= Error de frecuencia.
ΔP= Error de potencia.





Modelo de algunos elementos de reguladores

Servomotor con válvula piloto



$$Q = C.x.\sqrt{\Delta p - \Delta p_s}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = C.\sqrt{\Delta p - \Delta p_s}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial \Delta p_s} = -\frac{C.x}{2.\sqrt{\Delta p - \Delta p_s}}$$

En $x = 0$ y $\Delta p_s = 0$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = C.\sqrt{\Delta p} \qquad \frac{\partial Q}{\partial \Delta p_s} = 0$$

Para pequeños movimientos

$$Q \cong \frac{\partial Q}{\partial x}\,x + \frac{\partial Q}{\partial \Delta p_s}\,\Delta p_s = C.x.\sqrt{\Delta p}$$

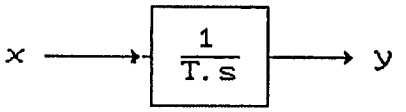
$$Q = \rho.A.\frac{dy}{dt} \quad \Rightarrow \quad \frac{dy}{dt} = \frac{C}{\rho.A}\sqrt{\Delta p}\,.x$$

$$T = \frac{\rho . A .}{C\sqrt{\Delta p}} \quad \Rightarrow \quad \frac{dy}{dt} = \frac{x}{T}$$

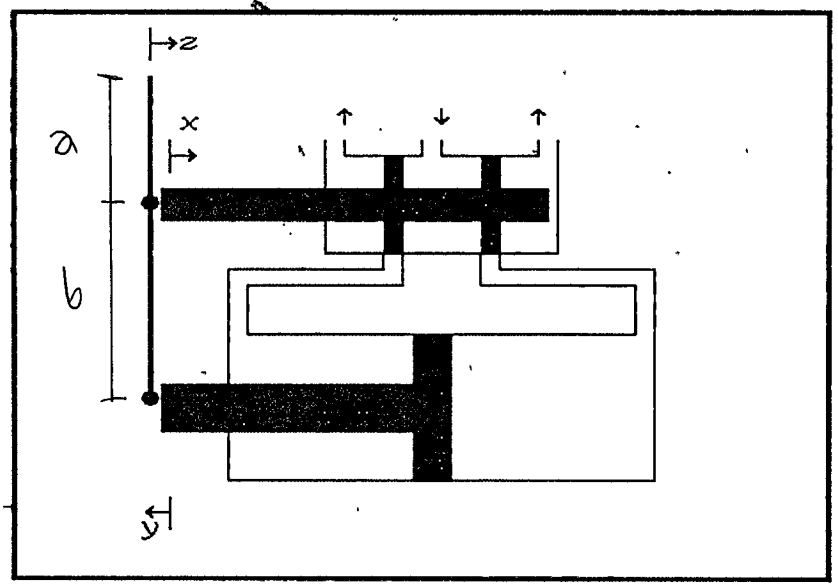
En términos de transformada de Laplace:

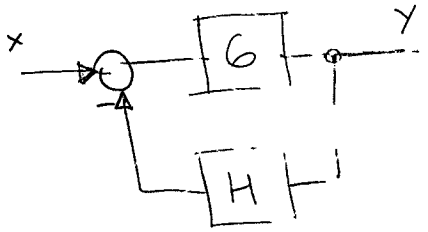
$$\boxed{\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{1}{T.s}}$$

El diagrama de bloques de este sistema es:



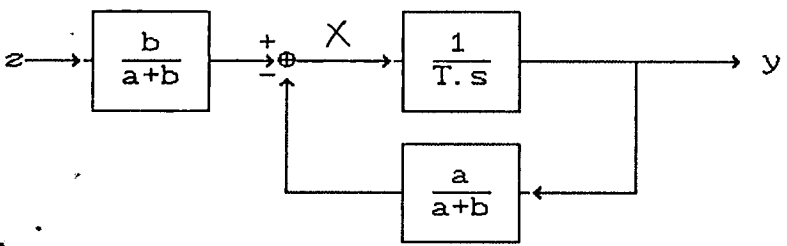
Servomotor realimentado





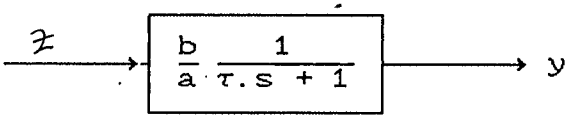
$$x = \frac{b}{a+b} z - \frac{a}{a+b} y$$

En diagrama de bloques:



$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

O lo que es equivalente:



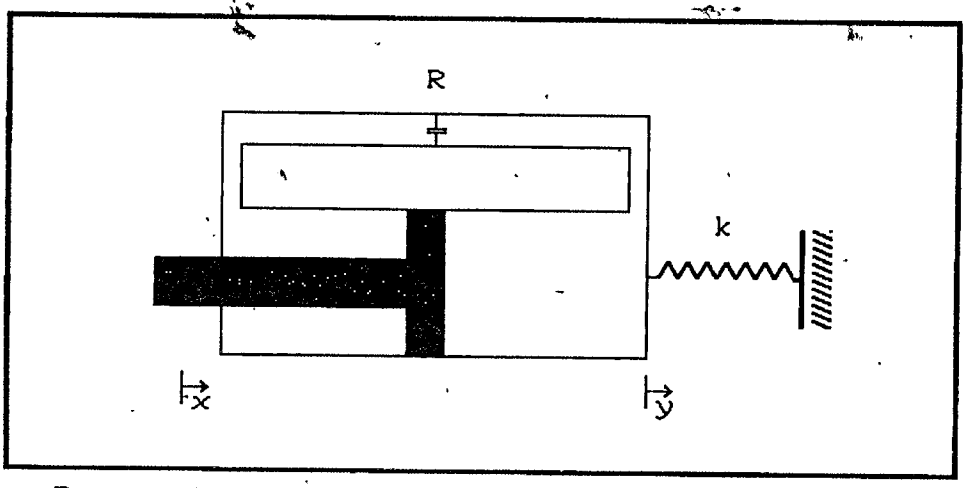
donde $\tau = T \frac{a+b}{a}$

La respuesta al escalón de este sistema es:

$$y(t) = \frac{b}{a} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Este elemento puede considerarse como un regulador proporcional.

Amortiguador hidráulico



Despreciando las masas se obtiene:

$$A.\Delta p = k.y = \text{fuerza}$$

A = Área del pistón
k = Constante del resorte
Δp= Diferencia de presión entre caras del pistón

Linealizando la restricción para pequeños movimientos vale:

$$q = \frac{\Delta p}{R}$$

q = Caudal por la restricción
R = Resistencia al flujo

Por otro lado:

$$q = A.\rho.\left(\frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt}\right)$$

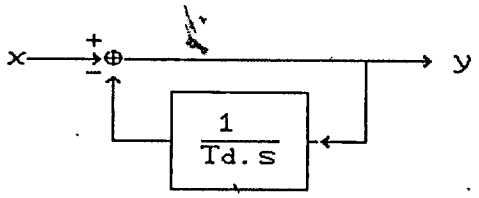
$$\frac{k.y}{A.R} = A.\rho.\left(\frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt}\right) \qquad \text{si } Td = \frac{A^2.\rho.R}{k}$$

$$\frac{y}{Td} = \frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt}$$

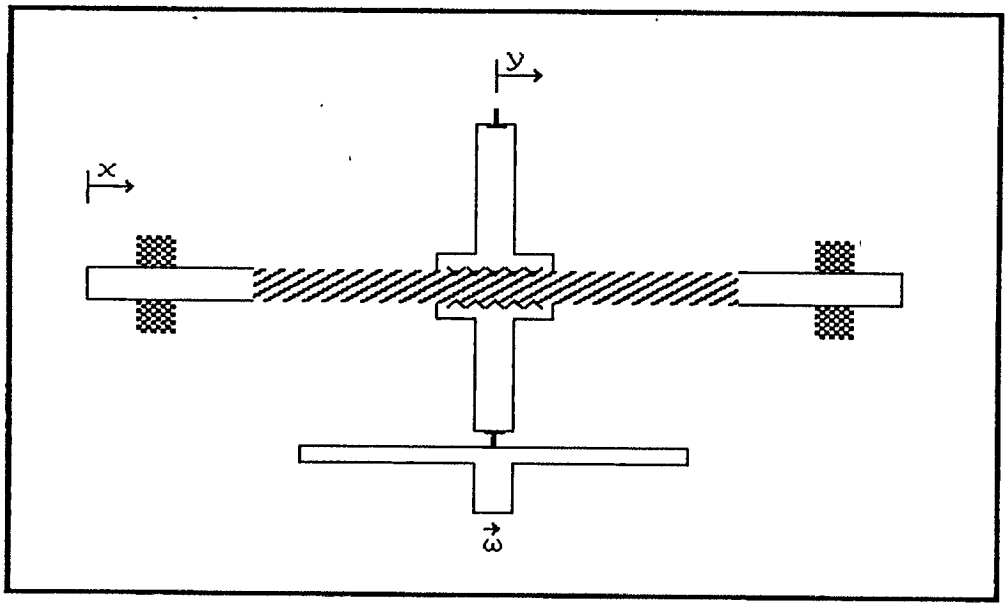
La función transferencia resulta:

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{Td.s}} \qquad \text{o} \qquad \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{Td.s}{Td.s + 1}$$

En diagráma de bloques:



Derivador mecánico



$$\omega d = \frac{y.\omega}{r}$$

ωd = Velocidad angular del disco móvil.
r = Radio del disco móvil.

$$\frac{dy}{dt} = \frac{dx}{dt} - \frac{b.\omega}{r} y$$

b = Paso del tornillo.

$$Td = \frac{r}{b.\omega}$$

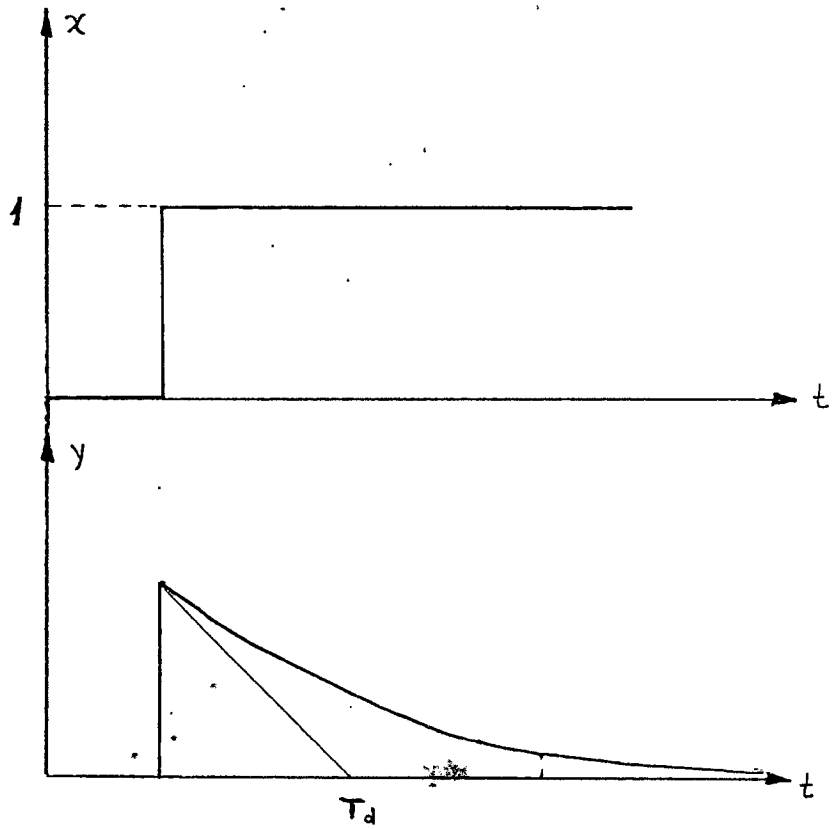
En transformada de Laplace:

$$s.Y(s) = s.X(s) - \frac{Y(s)}{Td}$$

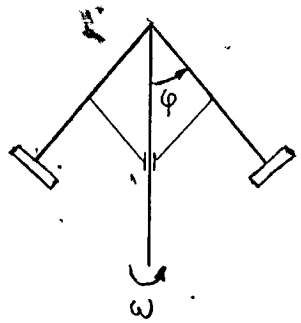
$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{Td.s}{Td.s + 1}$$

La respuesta al escalón unitario de esta función transferencia es:

$$y(t) = e^{-\frac{t}{Td}}$$



Regulador de Watt



$$m.l.\frac{d^2\varphi}{dt^2} - m.l.\omega^2.\text{sen}\,\varphi\cos\varphi + m.g.\text{sen}\,\varphi\; b.l\,\frac{d\varphi}{dt} = 0$$

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} - \omega^2\,\text{sen}\,\varphi\cos\varphi + \frac{g}{l}\,\text{sen}\,\varphi + \frac{b}{m}\frac{d\varphi}{dt} = 0$$

$$\varphi = \varphi_o + \Delta\varphi \qquad \omega = \omega_o + \Delta\omega \qquad \omega_o^2 = \frac{g}{l.\cos\varphi_o}$$

$$\frac{d^2\Delta\varphi}{dt^2} + \frac{b}{m}\frac{d\Delta\varphi}{dt} + \frac{g.\text{sen}^2\varphi_o}{l.\cos\varphi_o}\Delta\varphi = \omega_o.\text{sen}\,2\varphi_o.\Delta\omega$$

Normalizando y tomando transformada de Laplace:

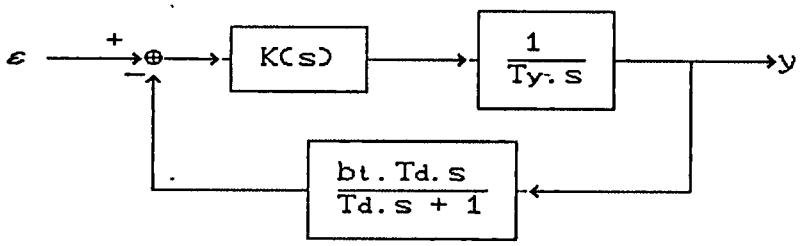
$$\frac{\frac{\Delta\Phi(s)}{\varphi_o}}{\frac{\Delta\Omega(s)}{\omega_o}} = K\,\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2.\delta.\omega_n.s + \omega_n^2}$$

Donde

$$K = \frac{\text{sen}\,2\varphi}{\varphi_o.\text{sen}^2\varphi_o} \qquad \delta = \frac{b}{2.m.\omega_o.\text{sen}\,\varphi_o} \qquad \omega_n = \omega_o.\text{sen}\,\varphi_o$$

Ejemplos clásicos de reguladores PI

Regulador realimentado con amortiguador



bt = Estatismo transitorio.

La función trasferencia es de la forma:

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{\frac{K(s)}{Ty.s}}{1 + \frac{K(s).bt.Td.s}{Ty.s(Td.s + 1)}} = \frac{K(s).(Td.s + 1)}{Ty.Td.s^2 + (Ty + K(s).bt.Td)s}$$

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{K(s).(Td.s + 1)}{(Ty + K(s).bt.Td)s.\left(\frac{Ty.Td}{Ty + K(s).bt.Td}\, s + 1\right)}$$

Amplificador hidráulico de una etapa

$$K(s) = 1$$

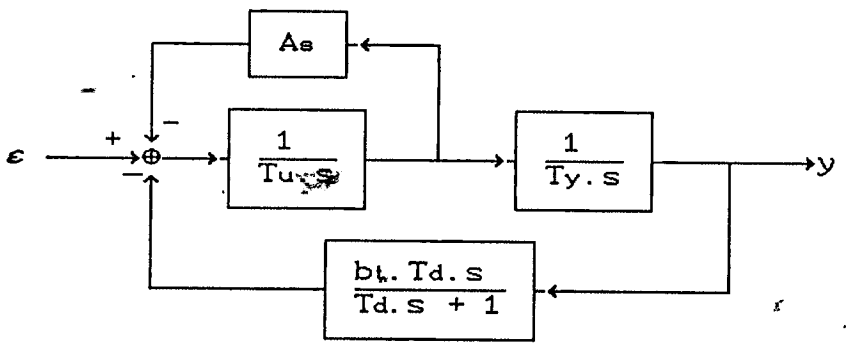
$$\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{1}{\frac{Ty}{Td} + bt}\left(1 + \frac{1}{Td.s}\right)\frac{1}{\left(\frac{Ty.Td}{Ty + bt.Td}s + 1\right)}$$

$$\text{Si } Kp = \frac{1}{\frac{Ty}{Td} + bt} \qquad y \qquad Ti = Td \qquad f(s) = \frac{1}{\left(\frac{Ty.Td}{Ty + bt.Td}s + 1\right)}$$

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = Kp\left(1 + \frac{1}{Ti.s}\right) f(s)$$

Esta función transferencia corresponde a un regulador proporcional-integral.

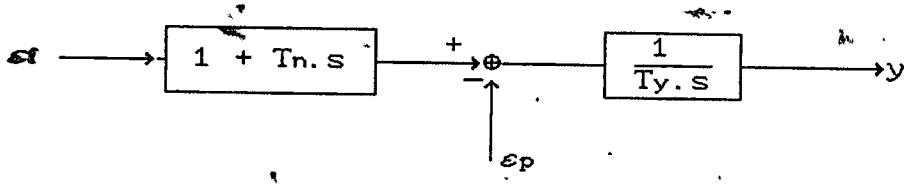
Amplificador hidráulico de dos etapas



$$K(s) = \frac{K}{Tx.s + 1}$$

Donde $Tx = \frac{Tu}{As}$ y $K = \frac{1}{As}$

Regulador acelerotaquimétrico

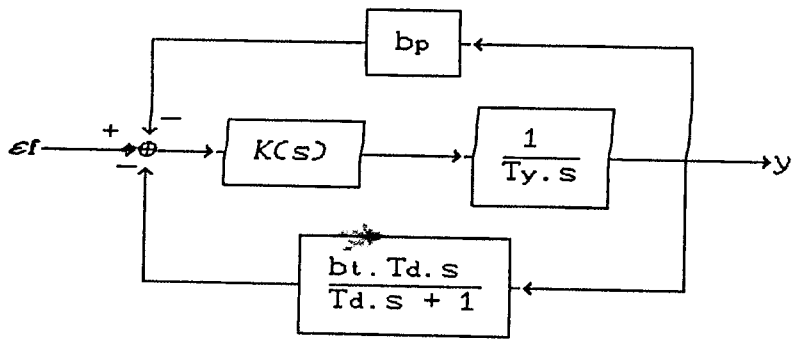


$$\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{Tn}{Ty} + \frac{1}{Ty.s} = Kp\left(1 + \frac{1}{Tr.s}\right)$$

$$Kp = \frac{Tn}{Ty} \qquad y \qquad Tr = Td$$

Este caso es un regulador PI a la frecuencia.

Regulador con realimentación de abertura



Se observa que si tenemos un escalón en la frecuencia provoca una variación Δy suficientemente rápida que podamos iderarla instantánea, en el primer instante la salida del tiguador será bt.Δy. El error de frecuencia es compensado por + bt.Δy.

O sea que el estatismo en el primer instante es bp + bt.

Por ello bt se llama estatismo transitorio.

La función transferencia en este caso es:

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{\dfrac{K(s).(Td.s + 1)}{Ty.Td.s^2 + (Ty + K(s).bt.Td)s}}{1 + \dfrac{bp.K(s).(Td.s + 1)}{Ty.Td.s^2 + (Ty + K(s).bt.Td)s}} =$$

$$\boxed{\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{K(s).(Td.s + 1)}{Ty.Td.s^2 + (Ty + K(s).(bp + bt).Td).s + bp.K(s)}}$$

Para $K(s) = 1$

$$\boxed{\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{1}{bp} \frac{Td.s + 1}{\dfrac{Ty.Td}{bp} s^2 + \left(\dfrac{Ty}{bp} + \left(1 + \dfrac{bt}{bp}\right)Td\right)s + 1}}$$

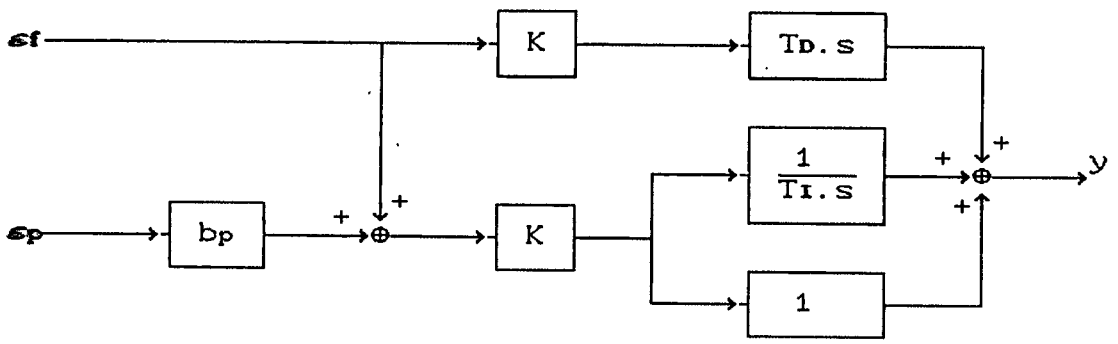
Modos de regulación P.I.D.

Para la regulación de la potencia de una turbina una ón PI es adecuada.

En cambio para el lazo de frecuencia es preferible una PID.

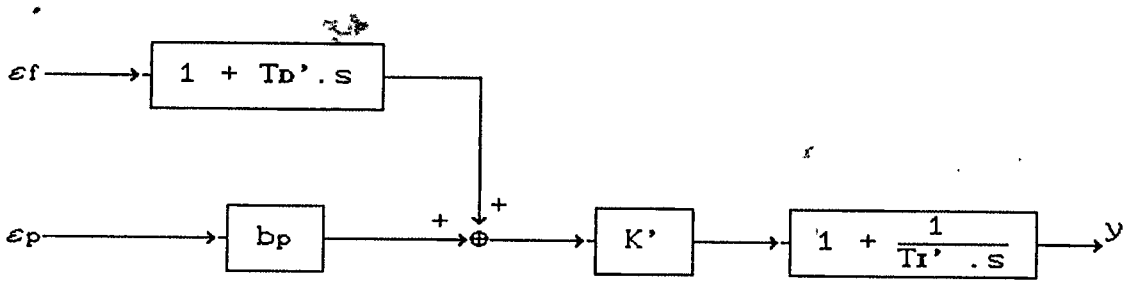
Los reguladores electrónicos permiten realizar este tipo regulación selectiva.

Esquema simplificado de un regulador "paralelo"



$$\varepsilon f = \frac{\Delta f}{f o} \qquad \varepsilon p = \frac{\Delta P}{P o}$$

Esquema simplificado de un regulador "serie"



Igualando las dos funciones transferencia se pueden ener las ecuaciones de conversión de parámetros entre los dos dos.

$$K.\left(1 + \frac{1}{T_I.s} + T_D.s\right) = K'\frac{(1 + T_D'.s)(1 + T_I'.s)}{T_I'.s}$$

$$= K'\left(\frac{T_D' + T_I'}{T_I'} + \frac{1}{T_I'.s} + T_D'.s\right)$$

Si $\tau = \frac{T_D' + T_I'}{T_I'}$

$$K = K'.\tau$$

$$T_I = T_I'.\tau$$

$$T_D = \frac{T_D'}{\tau}$$

Para deducir los parámetros de un regulador serie en función de los de uno paralelo se debe cumplir que:

$$K\left(\frac{1 + T_I.s + T_I.T_D.s^2}{T_I.s}\right) = K'\left(\frac{(1 + T_D'.s)(1 + T_I'.s)}{T_I'.s}\right)$$

El numerador del primer término debe tener raíces reales.

$T_I^2 > 4.T_I.T_D$

$$T_I > 4.T_D$$

Despejando τ en función de T_I y T_D se obtiene:

$$\tau = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 4.\frac{T_D}{T_I}}}{2.\frac{T_D}{T_I}}$$

La solución + no se considera porque conduce a acciones finales muy pequeñas.

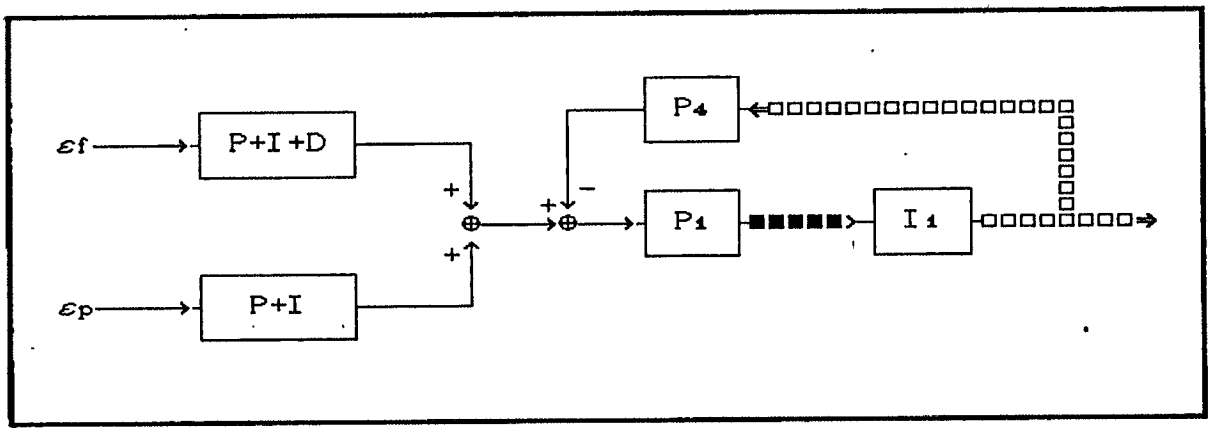
$$K' = \frac{K}{\tau}$$

$$T_I' = \frac{T_I}{\tau}$$

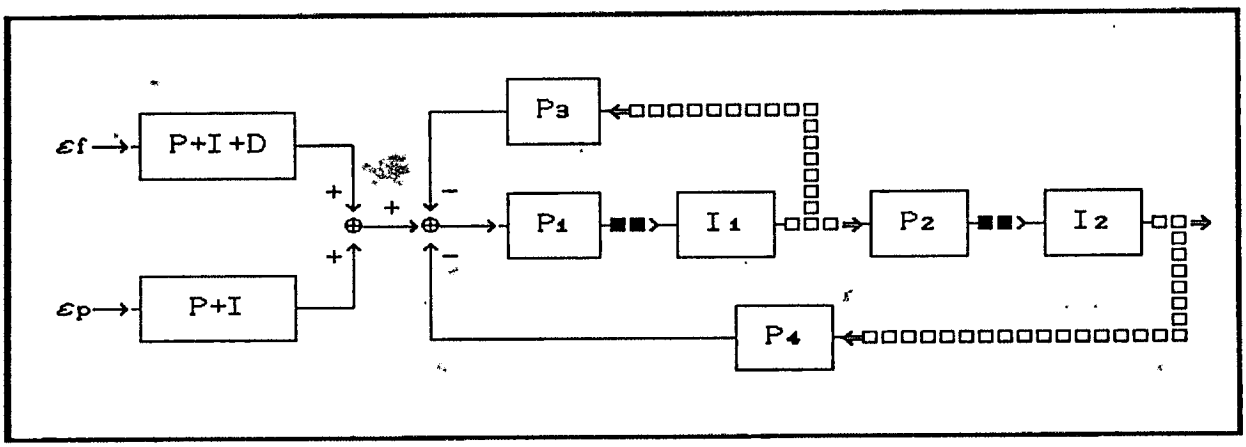
$$T_D' = \tau . T_D'$$

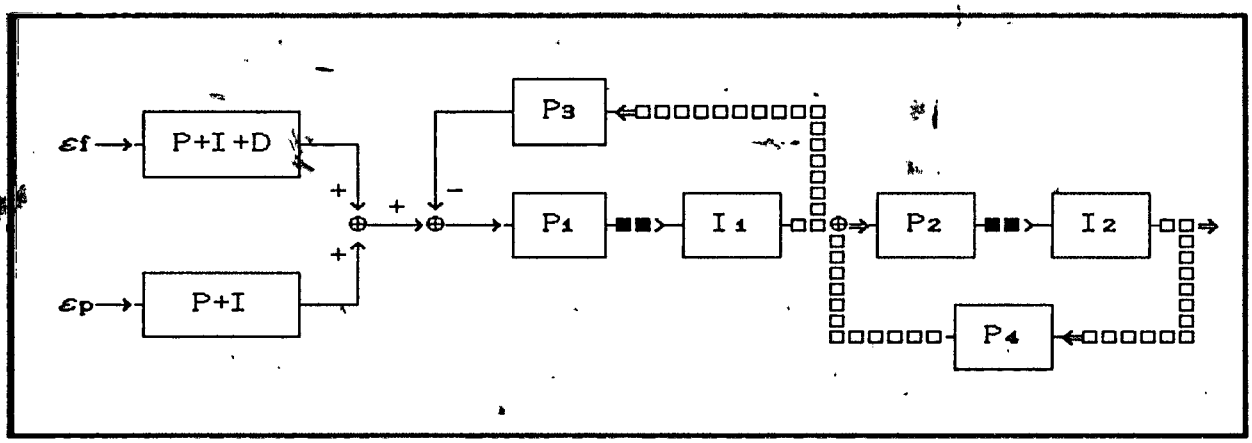
Diferentes concepciones de reguladores

Regulador PID electrónico con amplificador hidráulico

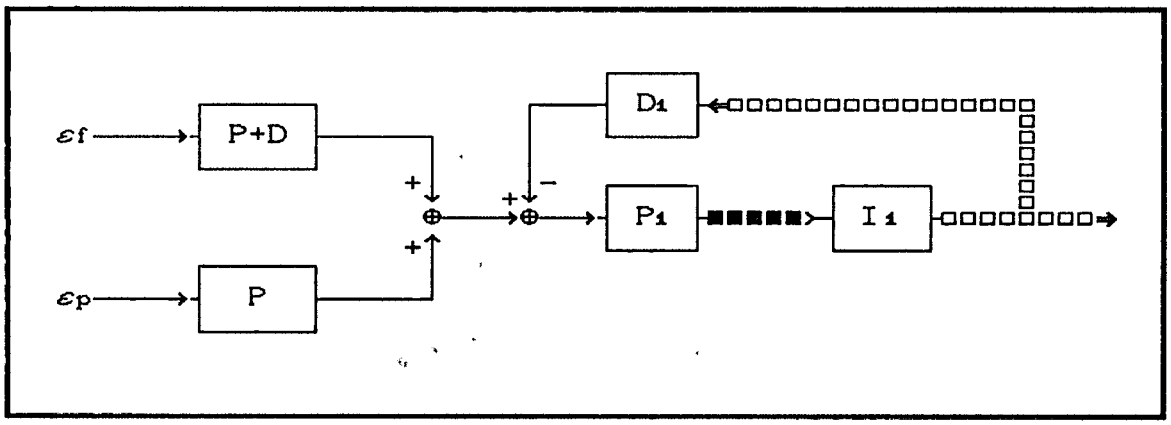


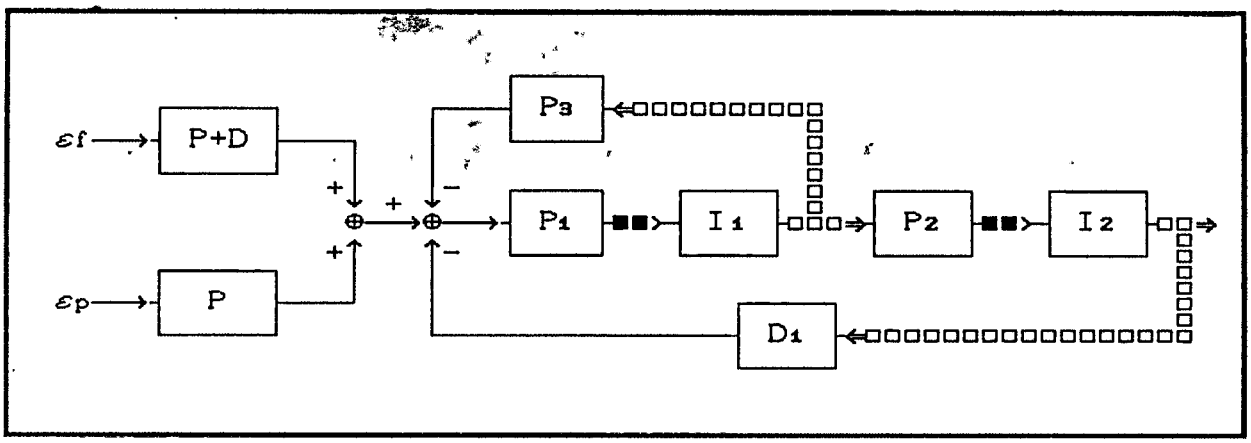
—— Señal eléctrica
■■■ Señal hidráulica
□□□ Señal mecánica

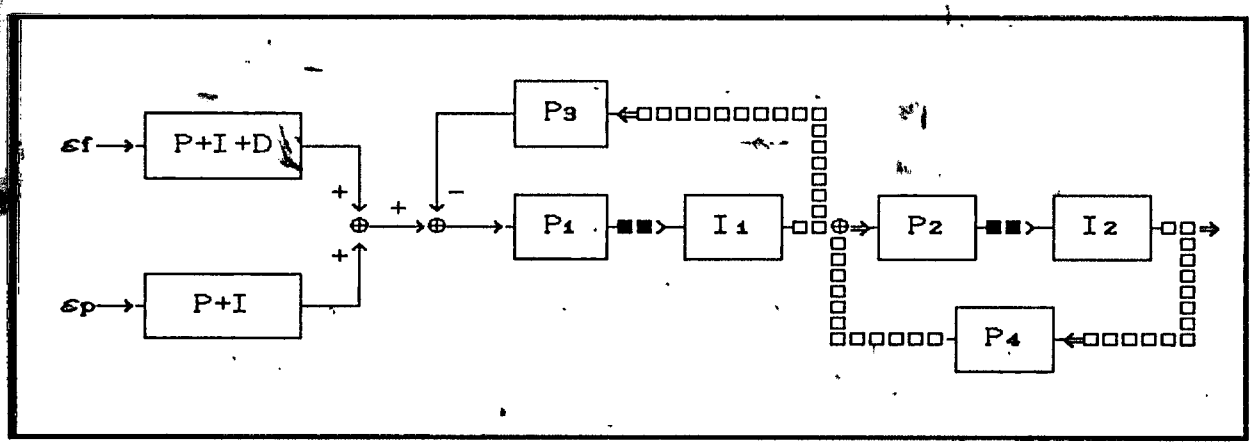




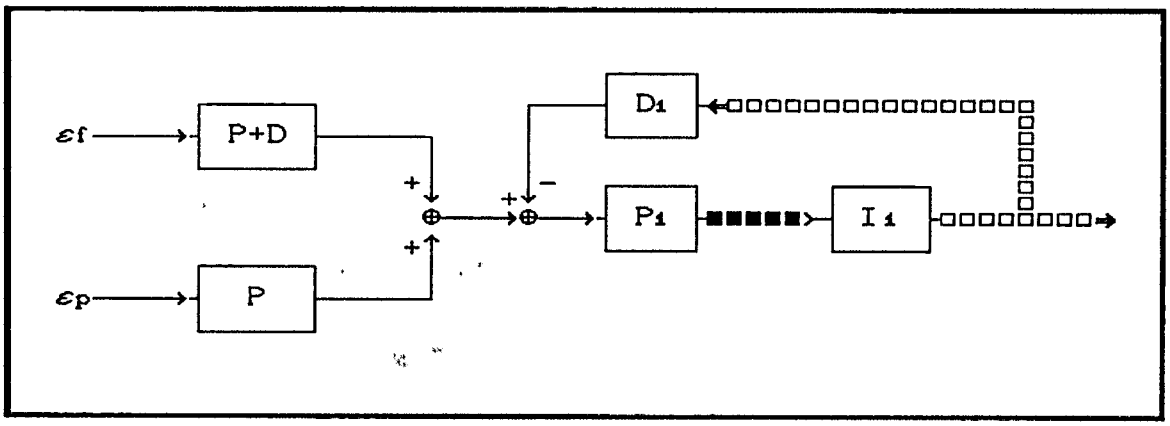
Regulador PD electrohico y PI hidráulico

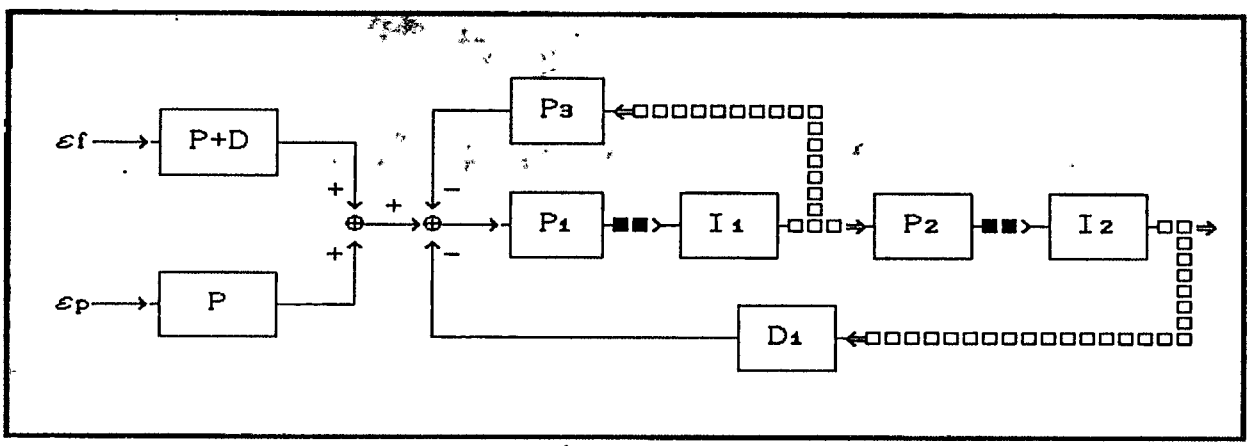






Regulador PD electrońico y PI hidráulico





Transductores

Actuador

Carrera ± 1 mm
Potencia de salida 1,6 KW.

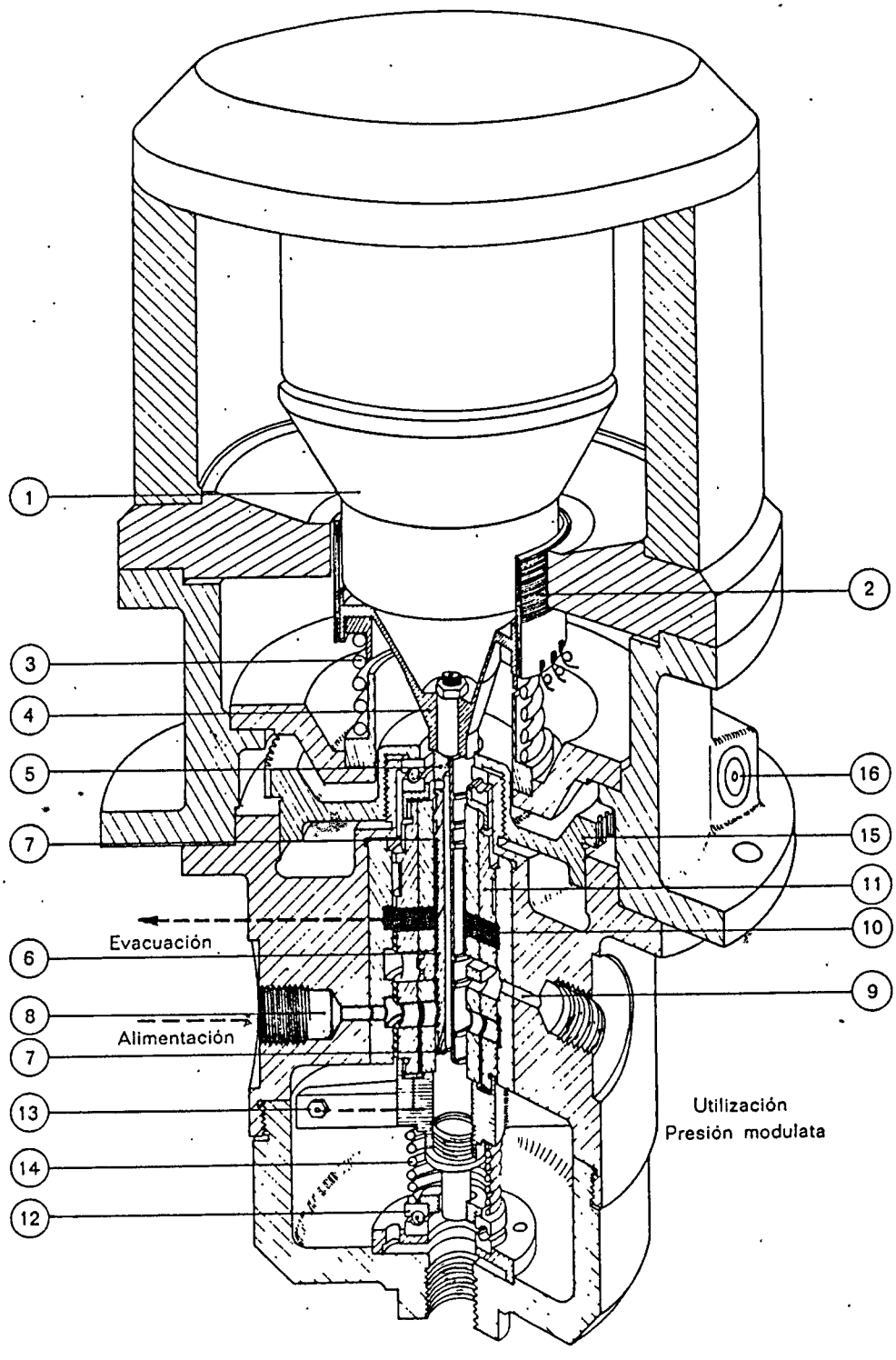
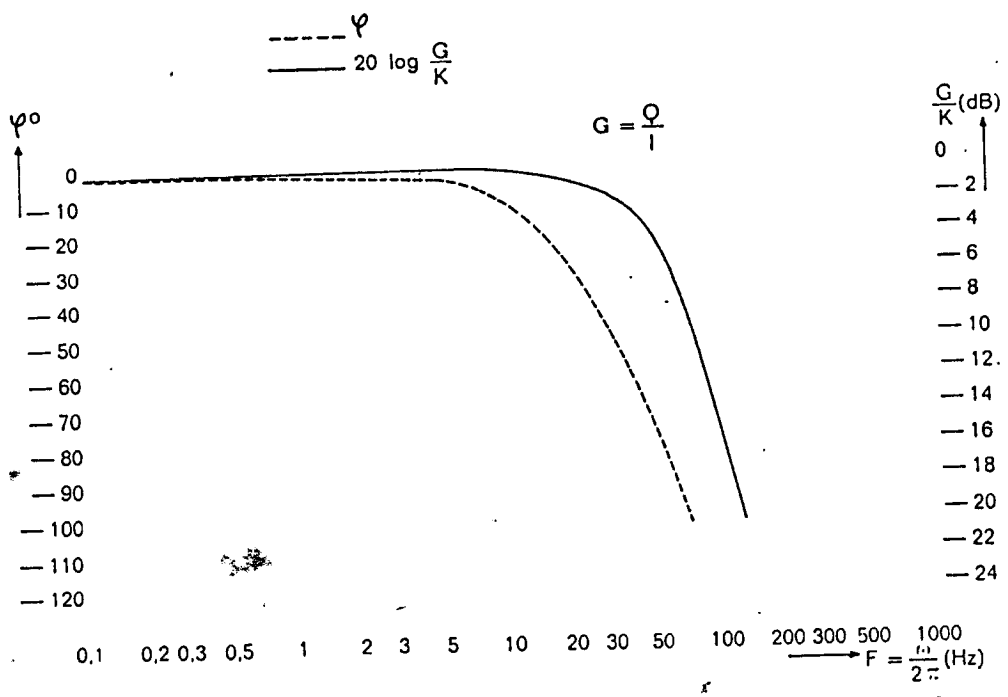
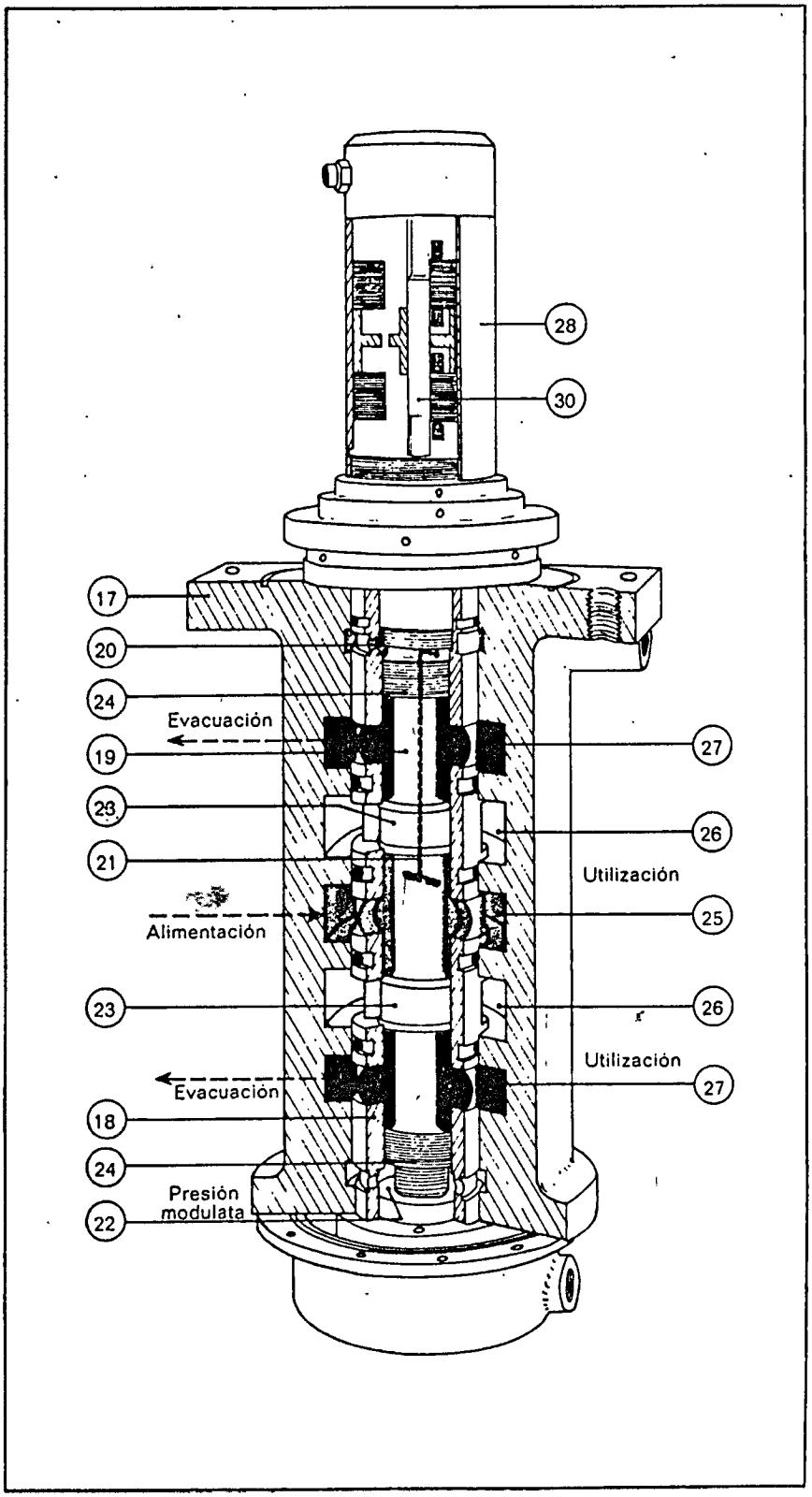
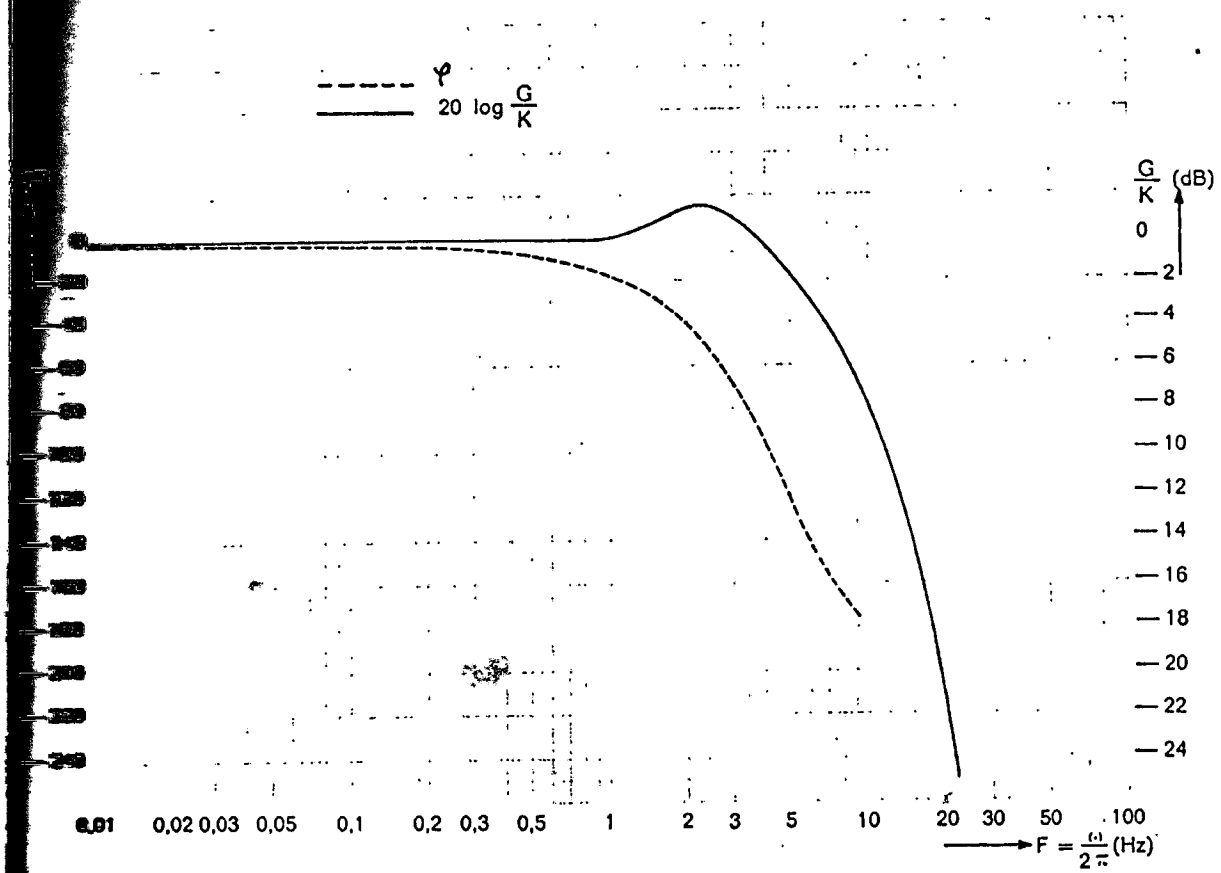


Fig. 9. — El transductor electro-hidráulico NEYRPIC.

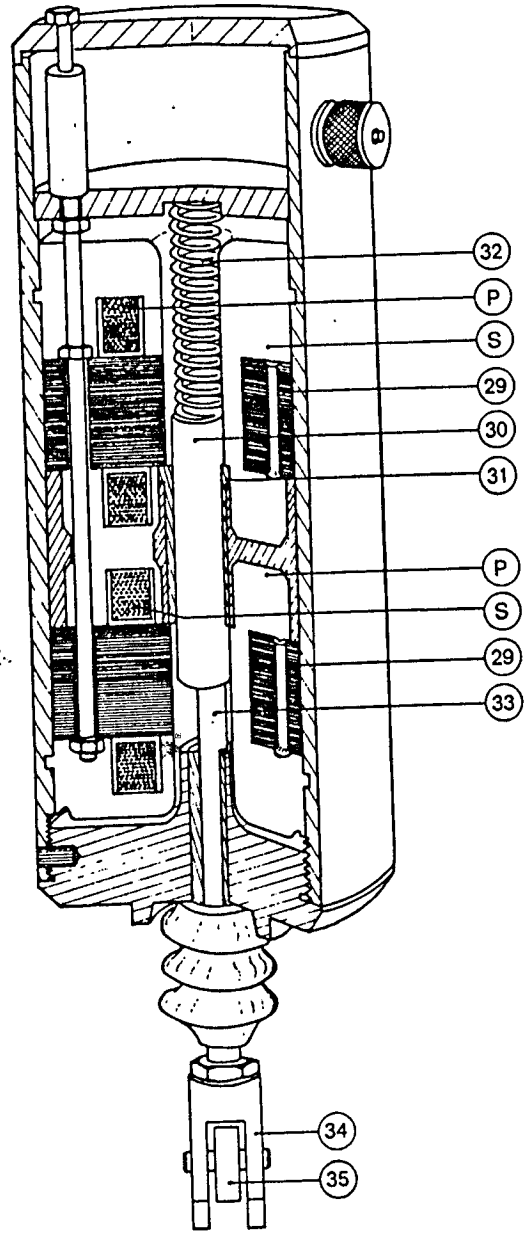

φ
20 log G/K
φ°
G = Ω/I
G/K (dB)
0
— 10
— 20
— 30
— 40
— 50
— 60
— 70
— 80
— 90
— 100
— 110
— 120
0
— 2
— 4
— 6
— 8
— 10
— 12
— 14
— 16
— 18
— 20
— 22
— 24
0,1 0,2 0,3 0,5 1 2 3 5 10 20 30 50 100 200 300 500 1000
F = Ω/2π (Hz)

Válvula distribuidora




φ
20 log G/K
G/K (dB)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
0,01
0,02
0,03
0,05
0,1
0,2
0,3
0,5
1
2
3
5
10
20
30
50
100
F = ω/2π (Hz)

Variómetro

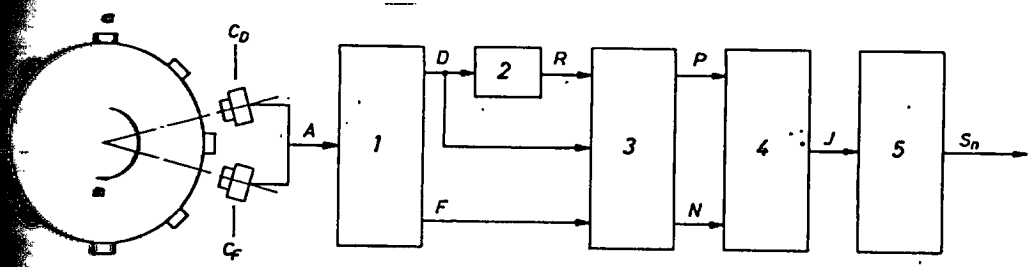


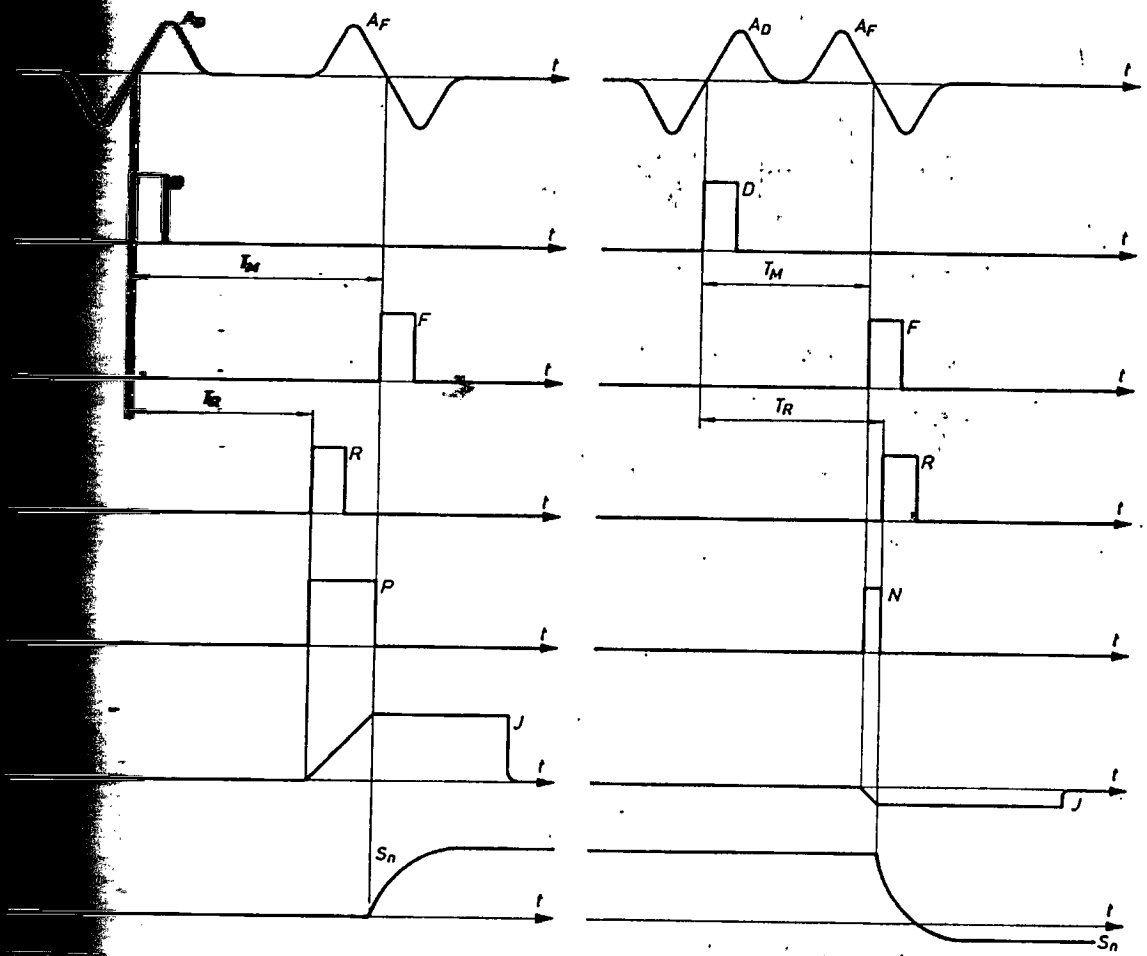
Transductores de velocidad

Regulador de Watt

Sensor magnètico de pulsos

Transformador de medida

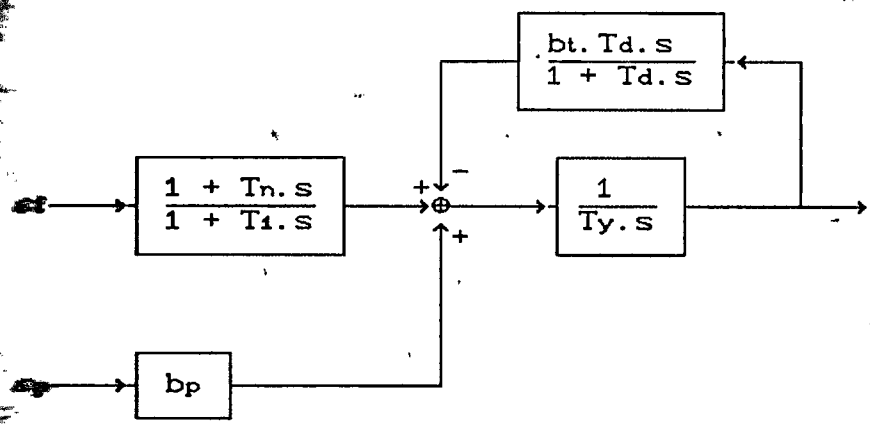




$T_M > T_R$
$n < n_N$
$J > o$
$S_n > o$

$T_M < T_R$
$n > n_N$
$J < o$
$S_n < o$

PID serie con integrador hidromecánico



La función transferencia para la frecuencia de este esquema es:

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = \left(\frac{1}{\frac{Ty}{Td} + bt}\right) \frac{(1 + Tn.s)(1 + Td.s)}{\left(1 + \frac{Ty}{\frac{Ty}{Td} + bt}\, s\right)(1 + T1.s).Td.s}$$

Lo que se puede expresar de la forma:

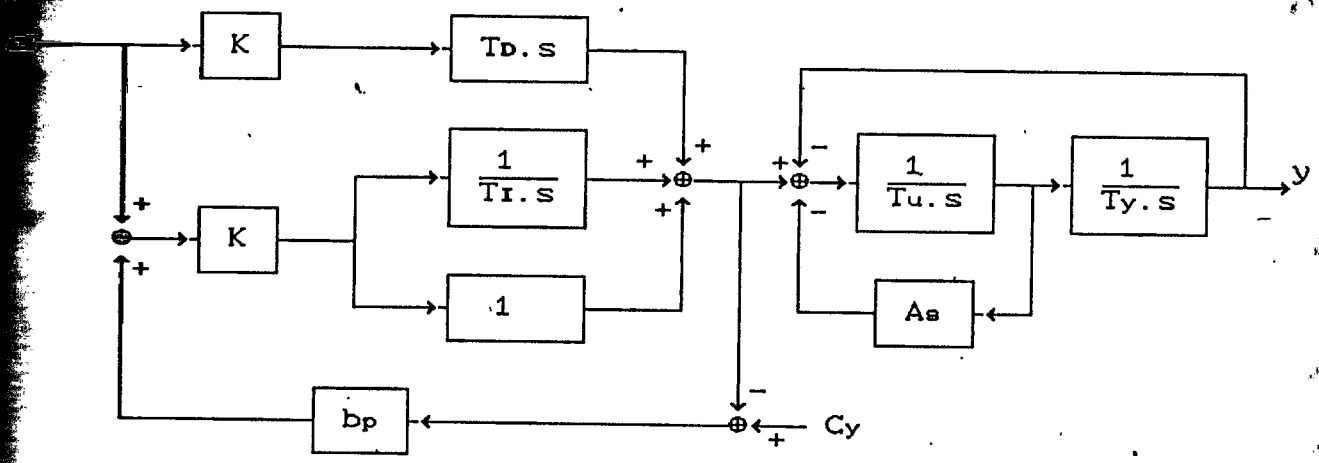
$$\frac{Y(s)}{E(s)} = \left(\frac{1}{\frac{Ty}{Td} + bt}\right) . \frac{(1 + Tn.s)(1 + Td.s)}{Td.s}\, f(s)$$

Donde $f(s) = \dfrac{1}{\left(1 + \frac{Ty}{\frac{Ty}{Td} + bt}\, s\right)(1 + T1.s)}$

De aquí los valores de los parámetros son:

$$Kp = \frac{1}{\frac{Ty}{Td} + bt} \qquad TD = Tn \qquad TI = Td$$

Regulador PID paralelo con realimentación de abertura



Se destaca aqui la existencia de dos lazos de [illegible]ación independientes lo que permite disociar la [illegible]zación de los mismos.

La función transferencia del lazo de potencia es:

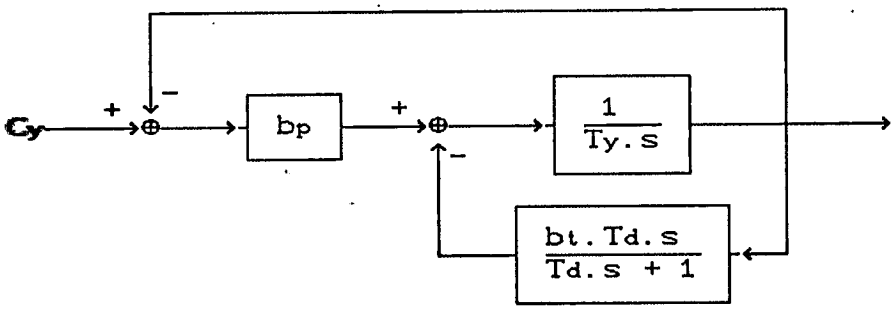
$$T(s) = \frac{1}{Tu.Ty.s^2 + Ty.As.s + 1}$$

Acelerador de las variaciones de carga

Cuando el estatismo transitorio es importante la a las variaciones de consigna de potencia puede ser muy

Caso "serie"

Se analiza el siguiente caso simplificado para loc



$$\frac{Y(s)}{C(s)} = \frac{bp.(Td.s + 1)}{Ty.Td.s^2 + (Ty + (bp + bt).Td).s + bp}$$

Despreciando el término de segundo orden queda de la forma:

$$\frac{Y(s)}{C(s)} = \frac{Td.s + 1}{\left(\frac{Ty}{bp} + \frac{bp + bt}{bp}\ Td\right).s + 1}$$

Dado que $bt \gg bp$ se puede despreciar el término en s del

$$\frac{Y(s)}{C(s)} = \frac{1}{\left(\frac{Ty}{bp} + \frac{bp + bt}{bp}\ Td\right).s + 1}$$

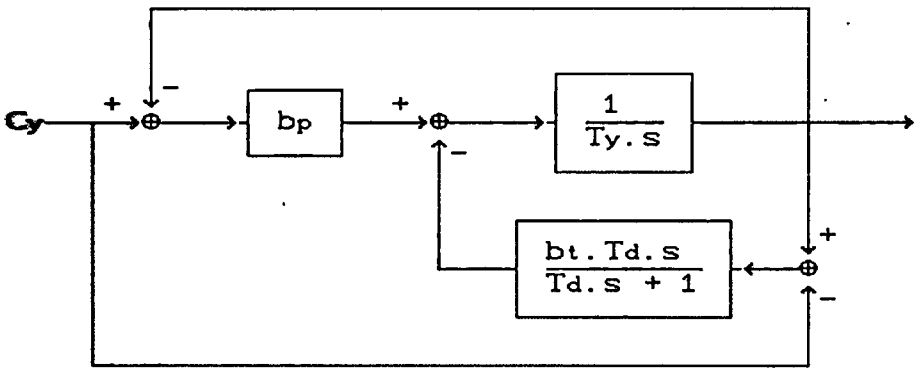
Ejemplo de datos numéricos.

$b_p = 0,05$
$b_t = 0,8$
$T_d = 5$ s
$T_y = 0,06$ s

La función transferencia queda:

$$\frac{Y(s)}{C(s)} = \frac{1}{86,2.s + 1}$$

Lo que da una reacción sumamente lenta:
Esto se puede mejorar con el siguiente esquema.



En este caso la función transferencia es:

$$\frac{Y(s)}{C(s)} = \frac{\frac{1}{Ty.s}\left(bp + \frac{bt.Td.s}{Td.s + 1} \right)}{1 + \frac{1}{Ty.s}\left(bp + \frac{bt.Td.s}{Td.s + 1} \right)}$$

$$\frac{Y(s)}{C(s)} = \frac{(bp + bt).Td.s + bp}{Ty.Td.s^2 + (Ty + (bp + bt).Td).s + bp}$$

Despreciando el término de segundo orden.

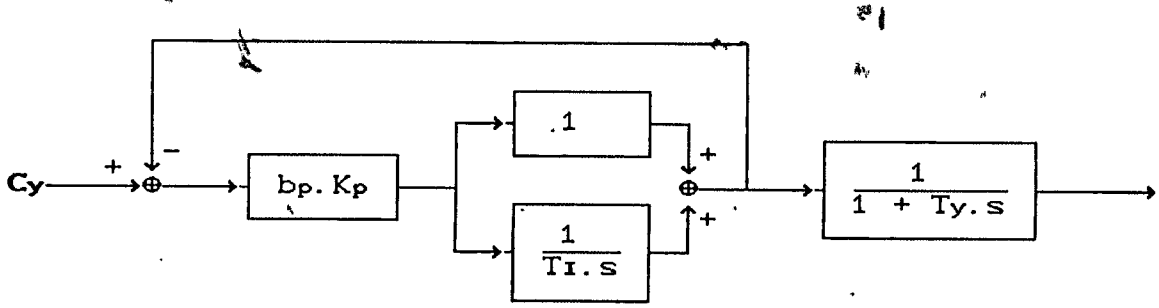
$$\frac{Y(s)}{C(s)} = \frac{(bp + bt).Td.s + bp}{(Ty + (bp + bt).Td).s + bp}$$

Sustituyendo los valores.

$$\frac{Y(s)}{C(s)} = \frac{85.s + 1}{86,2.s + 1} \cong 1$$

La acción es casi sin retardo.

Caso "paralelo"



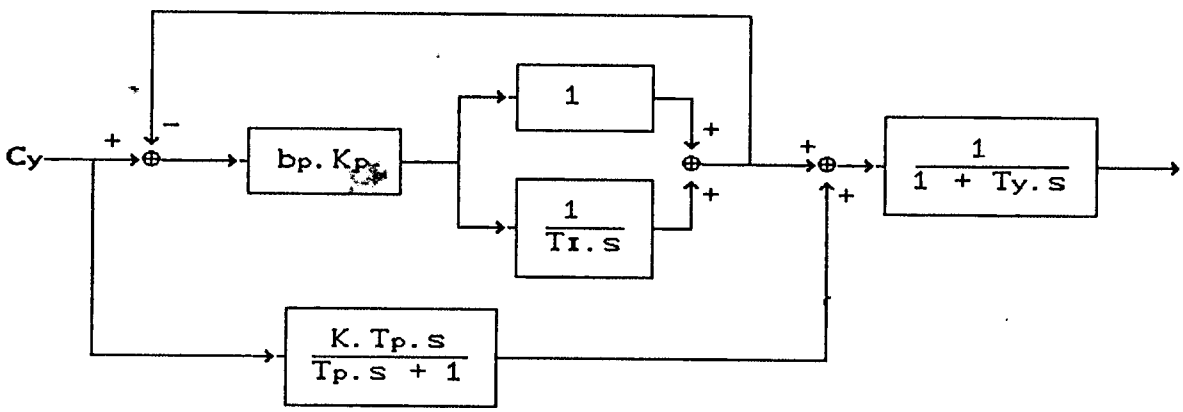
$$\frac{Y(s)}{C(s)} = \frac{bp.Kp.(T_I.s + 1)}{(bp.Kp + 1).T_I.s + bp.Kp).(Ty.s + 1)}$$

O lo que es lo mismo:

$$\frac{Y(s)}{C(s)} = \frac{T_I.s + 1}{\left(1 + \frac{1}{bp.Kp}\right).T_I.s + 1} \cdot \frac{1}{(Ty.s + 1)}$$

Si $bp.Kp \ll 1$ y $Ty \ll T_I$

$$\frac{Y(s)}{C(s)} \cong \frac{1}{\frac{T_I}{bp.Kp}s + 1}$$



$$\frac{X(s)}{C(s)} = \left[\frac{T_I.s + 1}{1 + T_I.\left(1 + \frac{1}{bp.Kp}\right).s} + \frac{K.Tp.s}{1 + Tp.s}\right] \cdot \frac{1}{Ty.s + 1}$$

$$\frac{X(s)}{U(s)} = \frac{Tp.TI.\left[1 + K.\left(1 + \frac{1}{Kp.Tp}\right)\right].s^2 + (TI + Tp(1 + K)).s + 1}{Tp.TI.\left(1 + \frac{1}{bp.Kp}\right).s^2 + \left(Tp + TI.\left(1 + \frac{1}{bp.Kp}\right)\right).s + 1}$$

$$\frac{1}{Ty.s + 1}$$

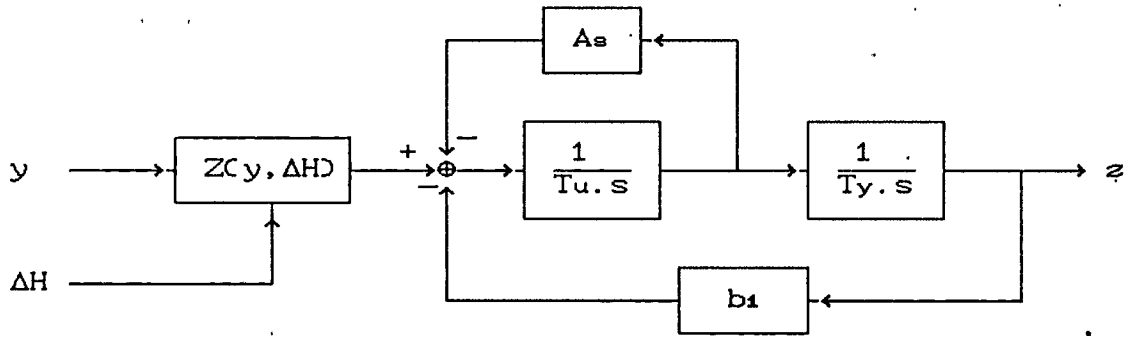
Igualando los términos del primer factor se obtiene:

$$K = \frac{1}{1 + bp.Kp} \quad y \quad Tp = TI.\left(1 + \frac{1}{bp.Kp}\right)$$

$$\frac{X(s)}{U(s)} = \frac{1}{Ty.s + 1} \cong 1$$

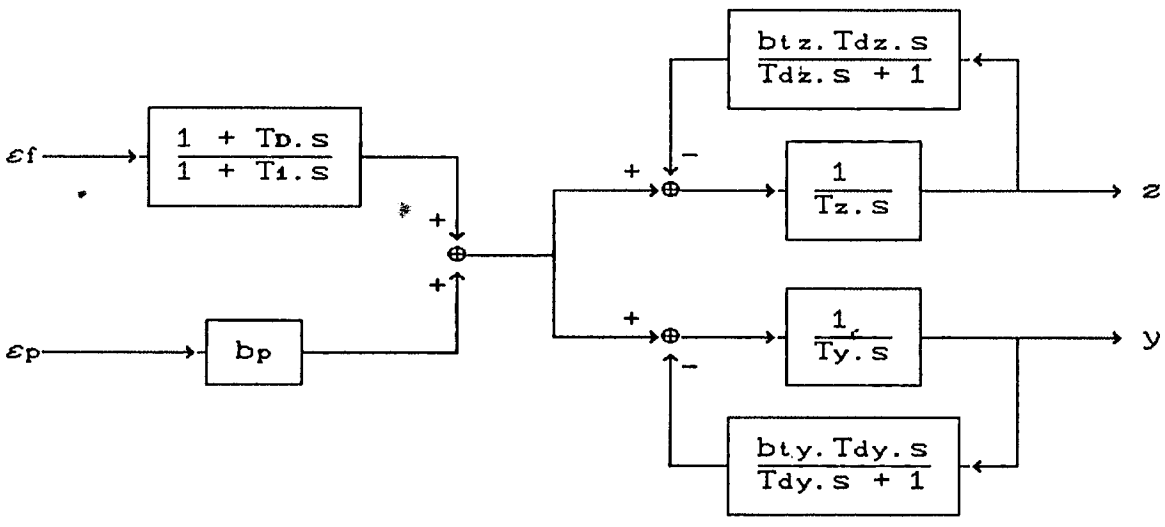
Conjugación de álabes y distribuidor

Esquema clásico



Z(y,ΔH) puede ser en algunos casos aproximada por una ción del tipo Z(y,ΔH) = f(y) + g(ΔH).

Esquema de regulación simultánea



Esta configuración permite ajustar los parámetros para da lazo.

Funcionamiento no lineal

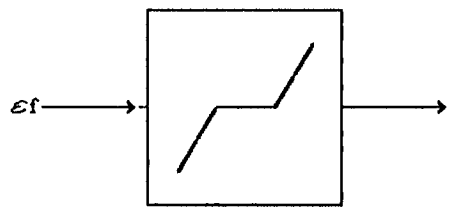
Parada

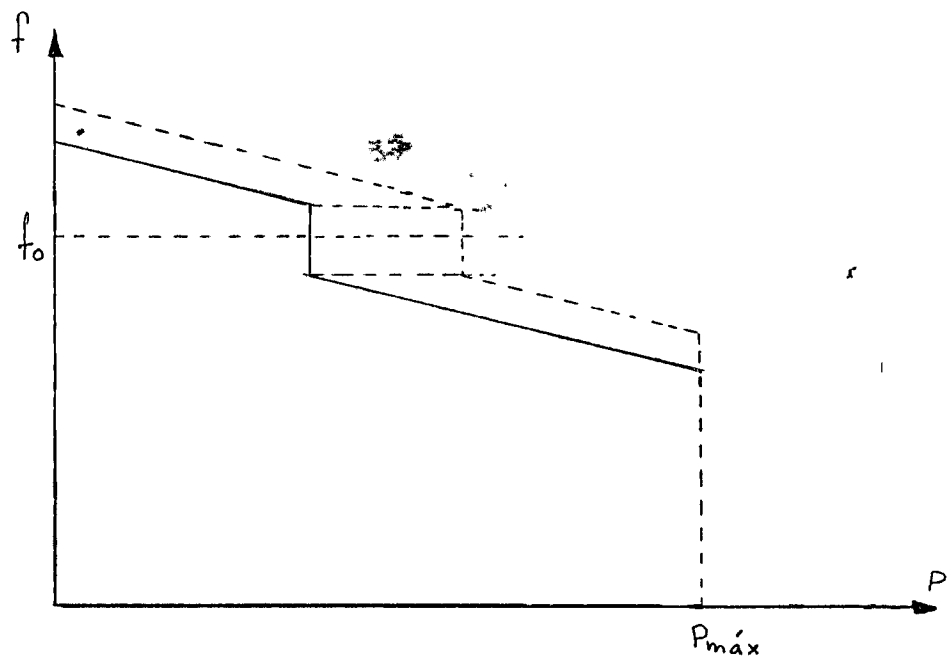
Limitación de la velocidad de cierre

Arranque

Limitación de abertura

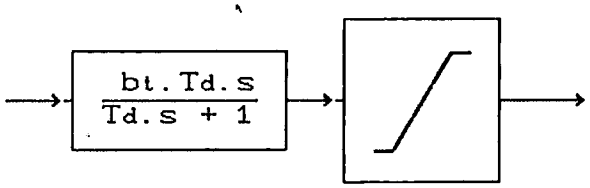
Inhibidor





Grandes variaciones

En general se limita la realimentación derivativa para evitar un enlentecimiento execivo en momentos en que se requiere cierre rápido.



$$\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{1 + Tn.s}{Ty.s(1 + Ti.s)} = \frac{Tn}{Ty}\left(1 + \frac{1}{Tn.s}\right)\frac{1}{1 + Ti.s}$$

$$K = \frac{Tn}{Ty} \qquad TI = Tn$$

Comparando esto con la tranferencia del sistema completo se observa que la ganancia es mayor y la constante de integración menor.

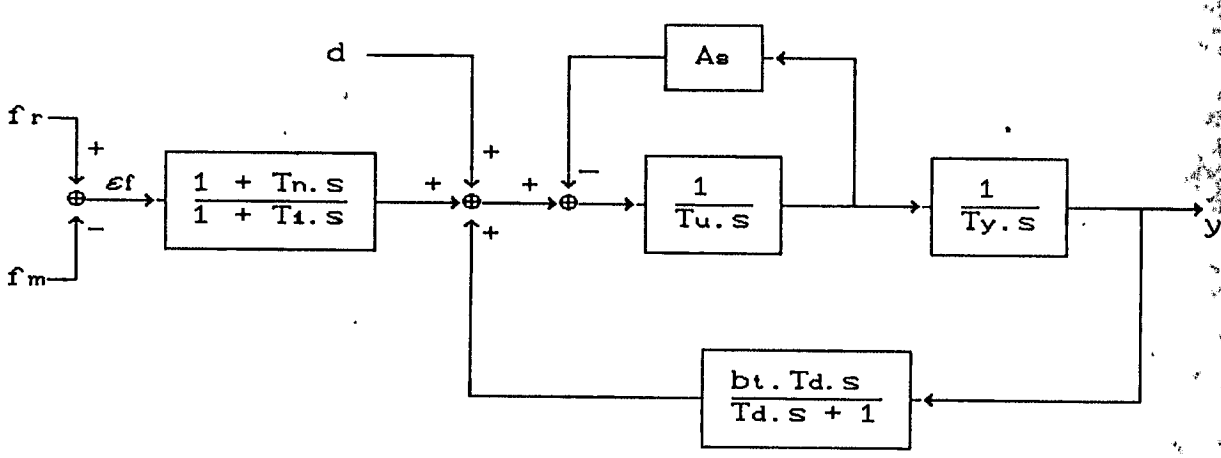
$$\frac{Tn}{Ty} > \frac{1}{\frac{Ty}{Td} + bt} \qquad y \qquad Tn < Td$$

Esto mejora la respuesta frente a grandes variaciones de frecuencia.

Sincronización

Por consignador de potencia-frecuencia

Por deriva del regulador



Límites

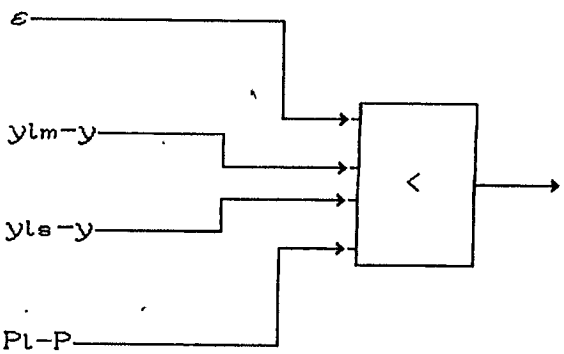
De potencia

De abertura en el arranque

De abertura por salto

Manual

Esquema de limitaciones

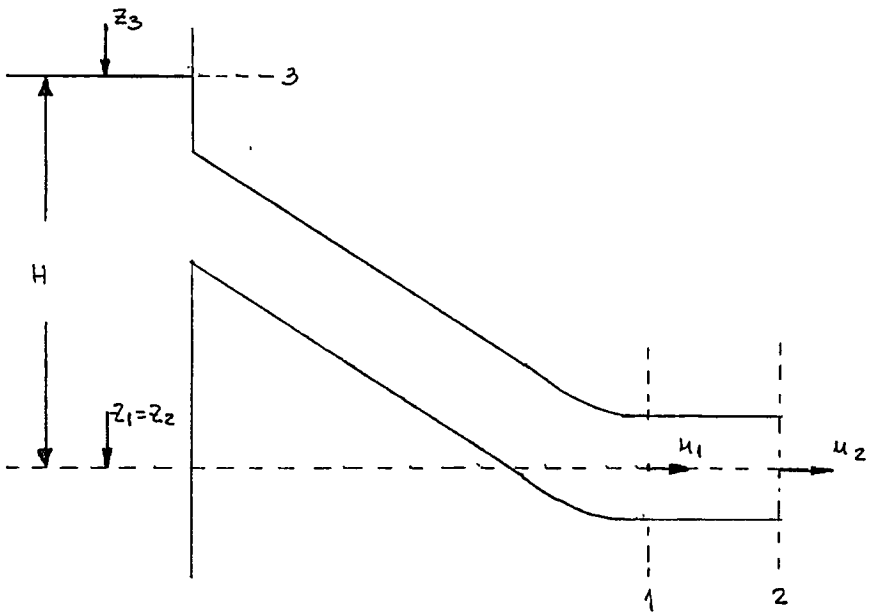


Modelo dinámico de una turbina

Escurrimiento a través de una tubería

Hipótesis

Tubería inelástica.
Fluído incompresible.
Pequeñas perturbaciones.
Rendimiento constante.
Independencia de la velocidad de la turbina.
Álabes en conjugación.



Por Bernoulli entre las secciones 2 y 3 se obtiene:

$$z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{u_3^2}{2g}$$

$u_3=0$ $\quad p_2 = p_3 \quad$ $z_3 - z_2 = H$

De donde:

$$u_2 = \sqrt{2gH}$$

Además:

$$Q = u_1 . A_1 = u_2 . A_2$$

De donde:

$$u_1 = \frac{A_2 . \sqrt{2g}}{A_1} \sqrt{H} \qquad \text{si} \qquad G = \frac{A_2 . \sqrt{2g}}{A_1}$$

$$u_1 = G . \sqrt{H}$$

Para pequeñas perturbaciones alrededor de $U_o = G_o \sqrt{H_o}$:

$$\Delta U = \sqrt{H_o} \; . \; \Delta G + \frac{1}{2} \frac{G_o}{\sqrt{H_o}} \Delta H$$

Normalizando:

$$\boxed{\frac{\Delta U}{U_o} = \frac{\Delta G}{G_o} + \frac{1}{2} \frac{\Delta H}{H_o}}$$

Por otra parte aplicando la ley de Newton a la masa de agua en consideración:

$$L . A . \rho \frac{d(\Delta U)}{dt} = -\rho . g . \Delta H . A$$

Normalizando

$$\frac{L . U_o}{g . H_o} \frac{d}{dt} \left(\frac{\Delta U}{U_o} \right) = - \frac{\Delta H}{H_o}$$

$$T_w = \frac{L . U_o}{g . H_o}$$

Aplicando transformada de Laplace:

$$\boxed{T_w . s . \frac{\Delta U}{U_o} = - \frac{\Delta H}{H_o}}$$

Sustituyendo $\frac{\Delta H}{H_o}$ en la ecuación anterior:

$$\frac{\Delta U}{U_o} = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} T_v . s} \frac{\Delta G}{G_o}$$

Dado que la potencia mecánica es proporcional a H.Q :
$P_m \propto H.Q$ y $Q \propto U$
$P_m = K.H.U$

Para pequeñas perturbaciones:

$$\Delta P_m = K.U_o.\Delta H + K.H_o.\Delta U$$

Normalizando

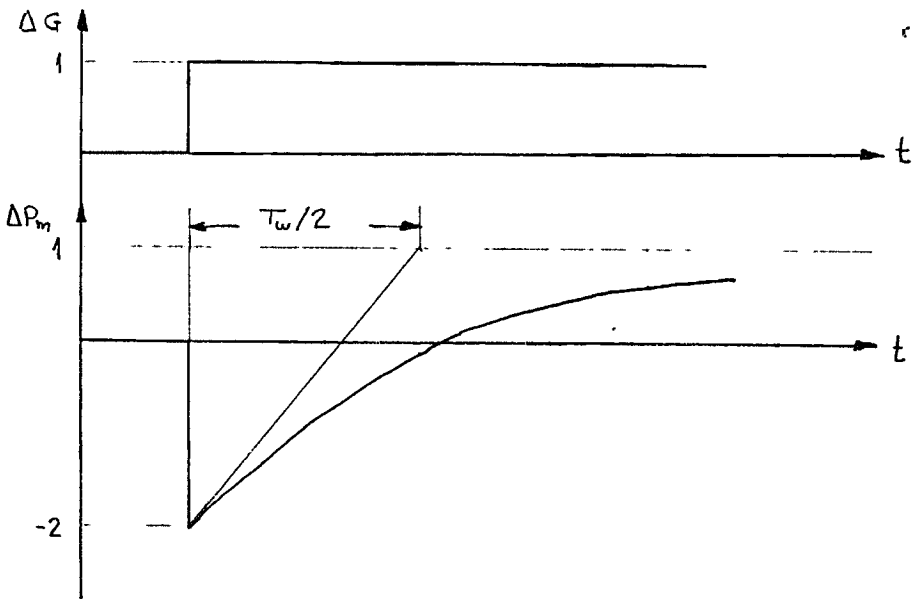
$$\frac{\Delta P_m}{P_{mo}} = \frac{\Delta H}{H_o} + \frac{\Delta U}{U_o}$$

Sustituyendo $\frac{\Delta U}{U_o}$ y $\frac{\Delta H}{H_o}$ desde las dos ecuaciones anteriores se obtiene:

$$\frac{\Delta P_m}{P_{mo}} = \frac{1 - T_v . s}{1 + \frac{1}{2} T_v . s} \frac{\Delta G}{G_o}$$

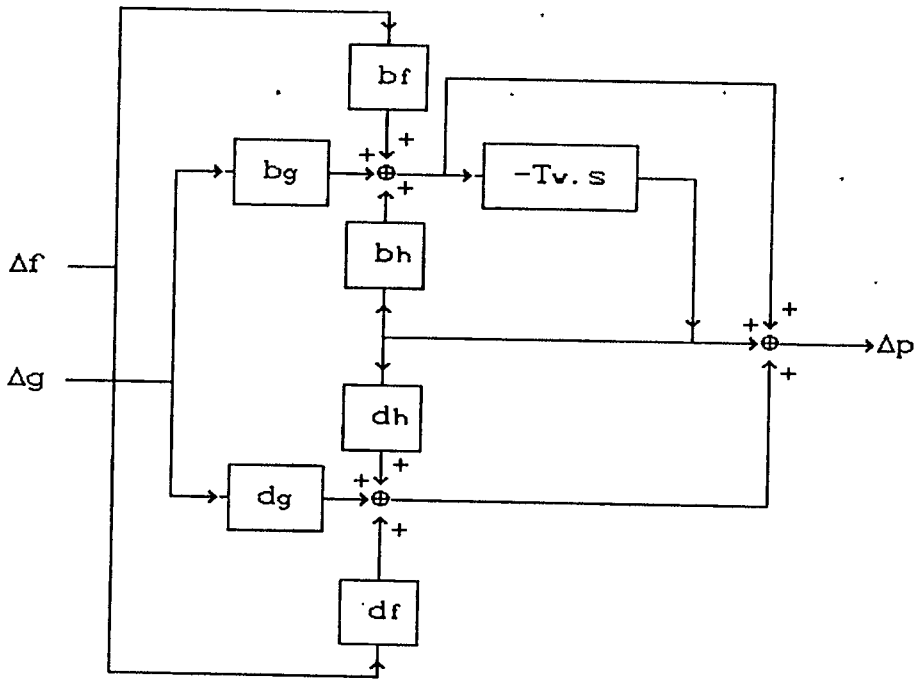
Es interesante observar la respuesta de la potencia mecánica a un escalón de abertura del distribuidor:

$$\Delta P_m = \Delta G \left[1 - 3.e^{-\frac{2t}{T_v}}\right]$$



La potencia tiene una reacción instantánea opuesta a la acción.

Un modelo más elaborado en el que se tiene en cuenta la velocidad de la turbina y las variaciones del rendimiento es el siguiente:



Donde:

$$bf = \frac{\partial Q_{11}}{\partial n_{11}} \frac{n_{11o}}{Q_{11o}}$$

$$bh = \frac{1}{2}(1 - bf)$$

$$bg = \frac{\partial Q_{11}}{\partial G} \frac{G_o}{Q_{11o}}$$

$$dh = -\frac{1}{2} df$$

$$dg = \frac{\partial \eta}{\partial G} \frac{G_o}{\eta_o}$$

$$df = \frac{\partial \eta}{\partial n_{11}} \frac{n_{11o}}{\eta_o}$$

Modelo de turbina-generador-red infinita

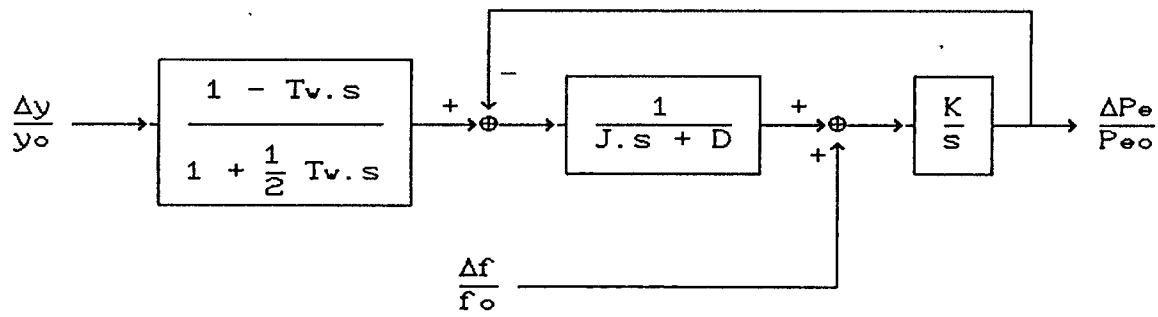
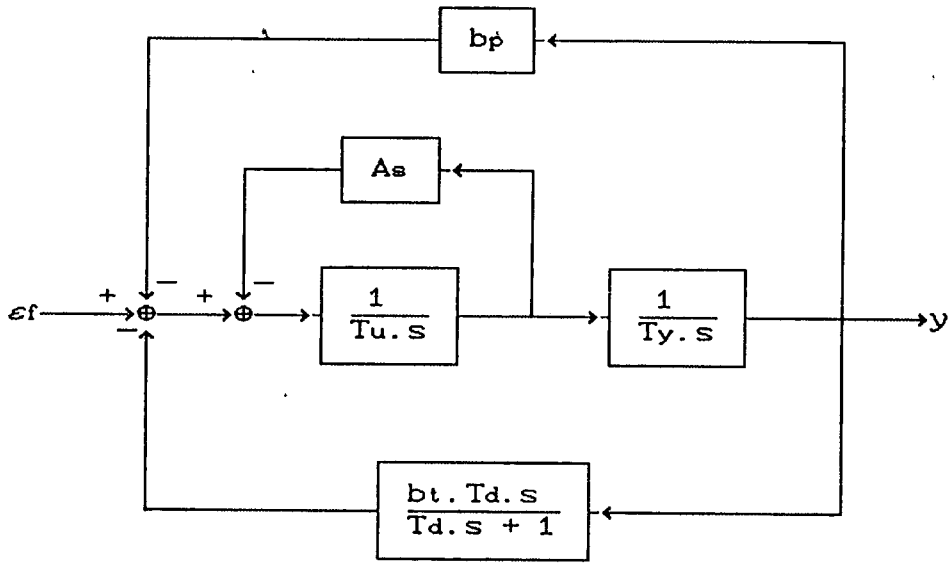


Diagrama de bloques del regulador de Terra



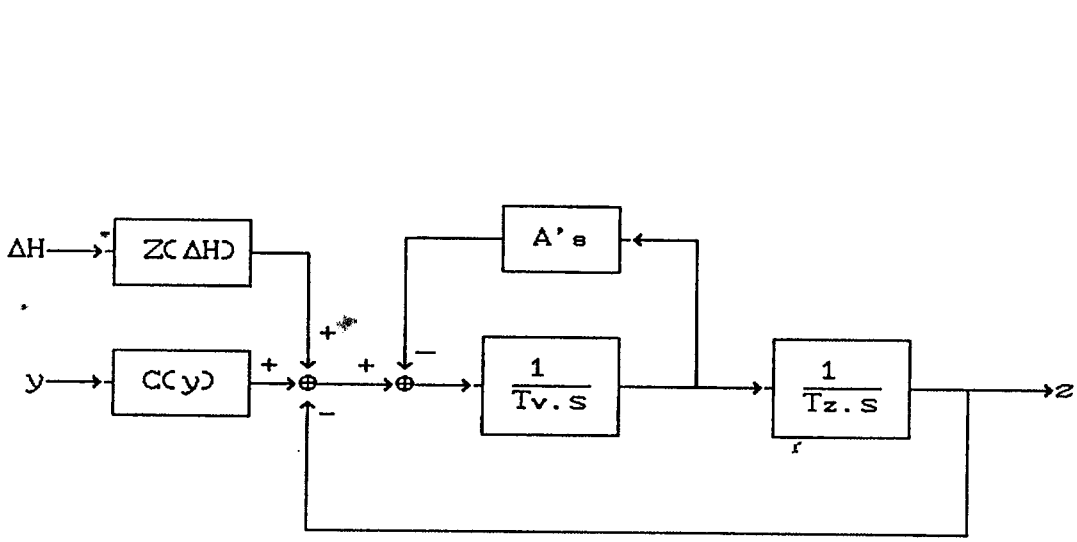
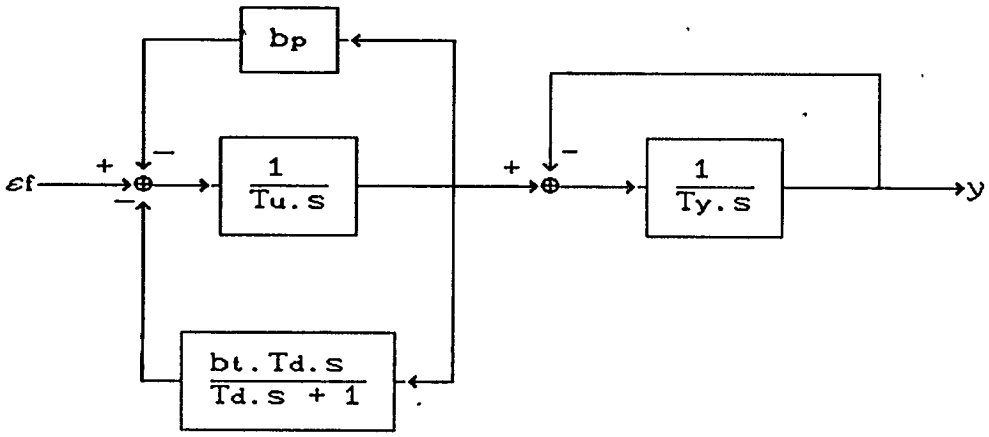


Diagrama de bloque del regulador de Baygorria



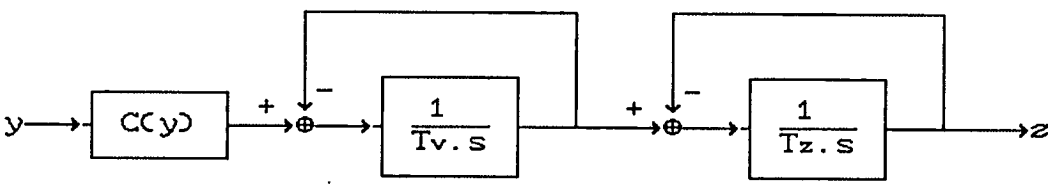
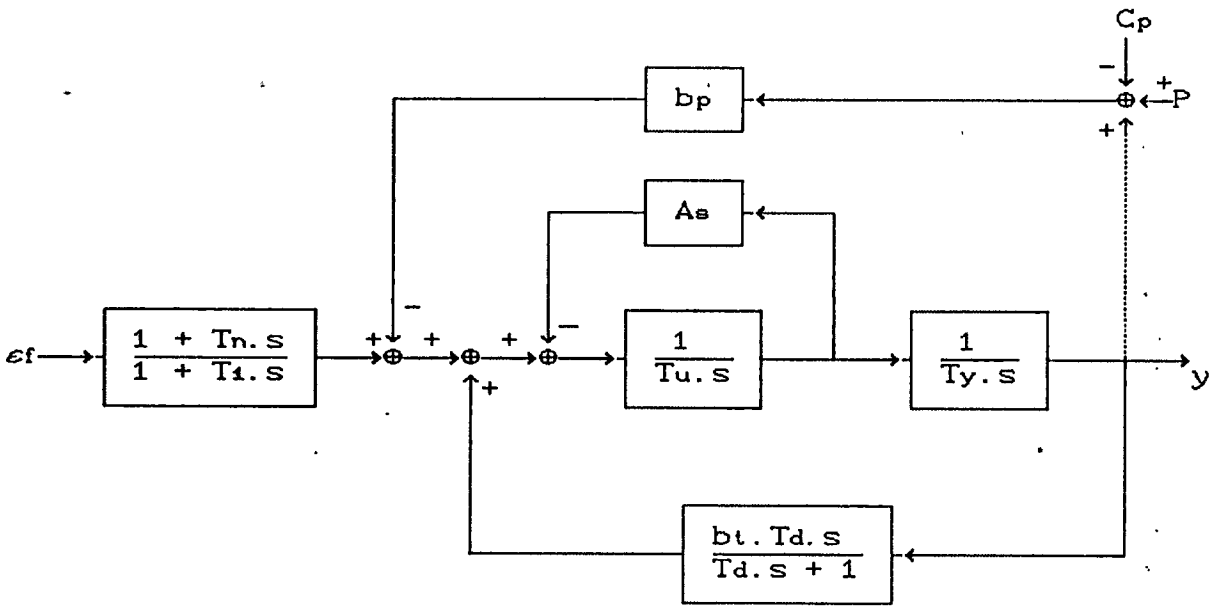


Diagrama de bloques del regulador de Palmar



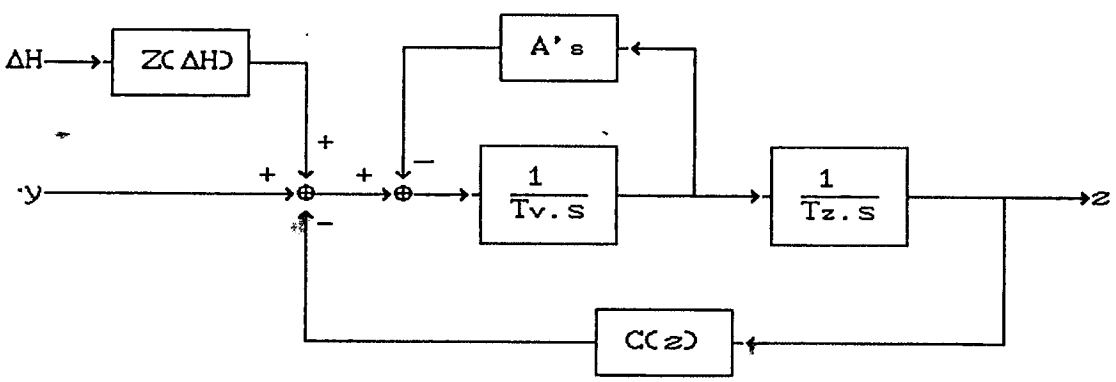
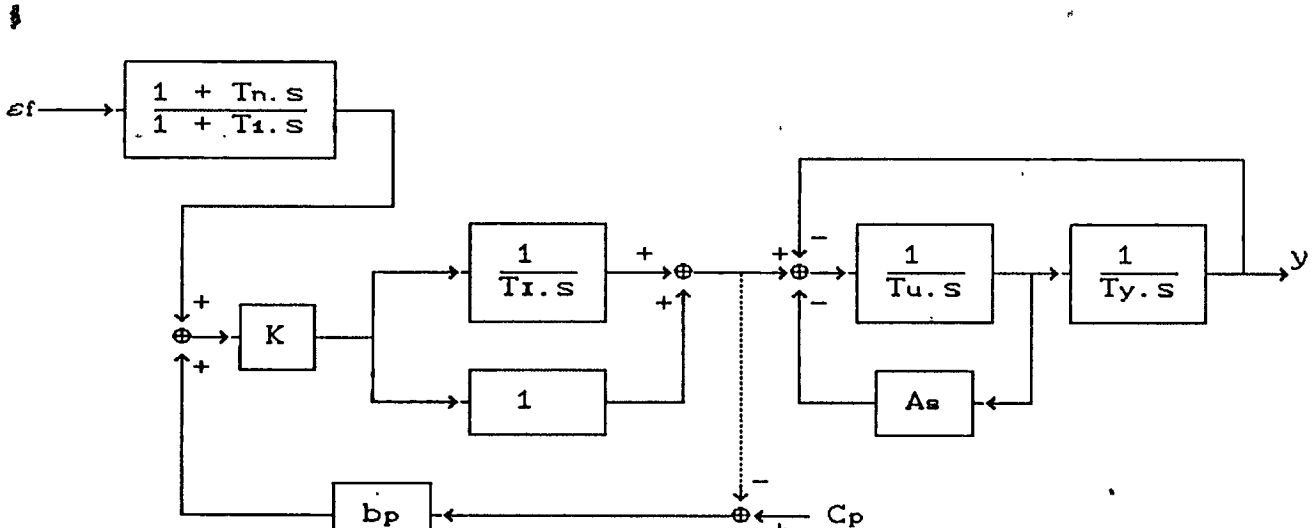
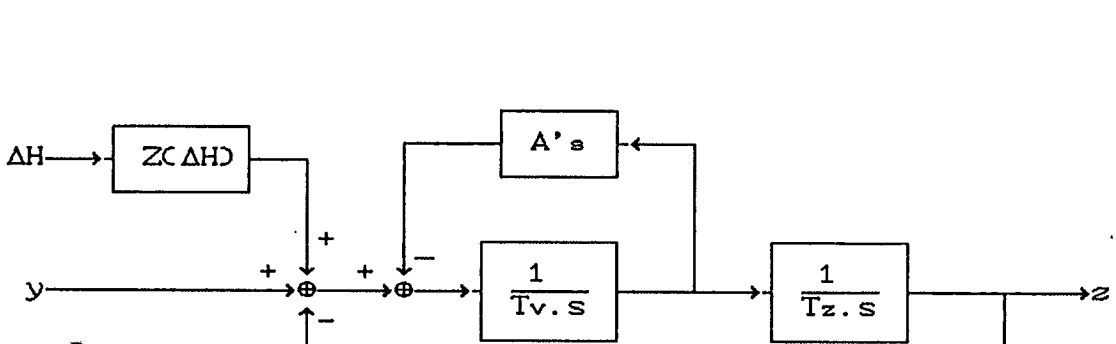


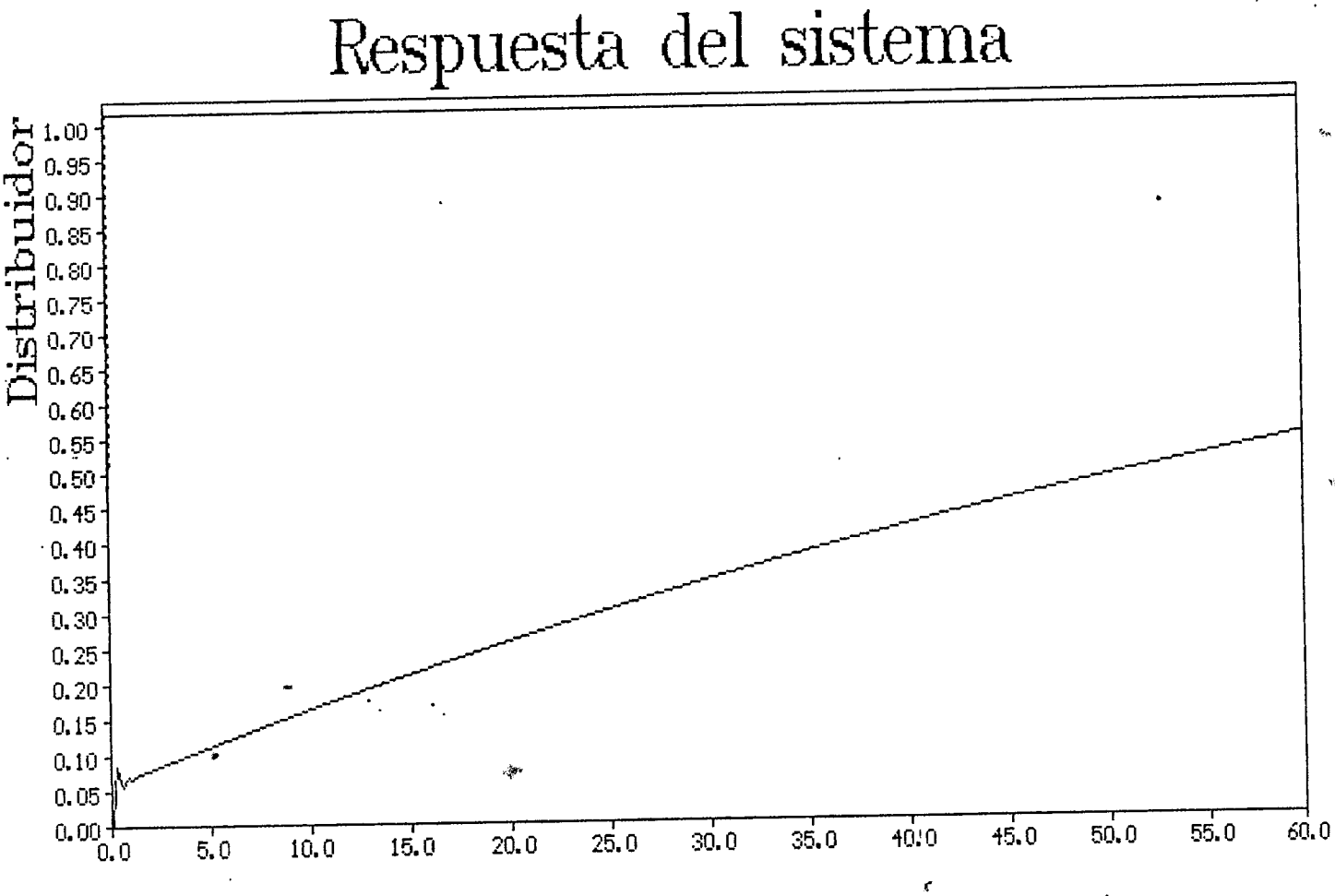
Diagrama de bloques del futuro regulador de Terra



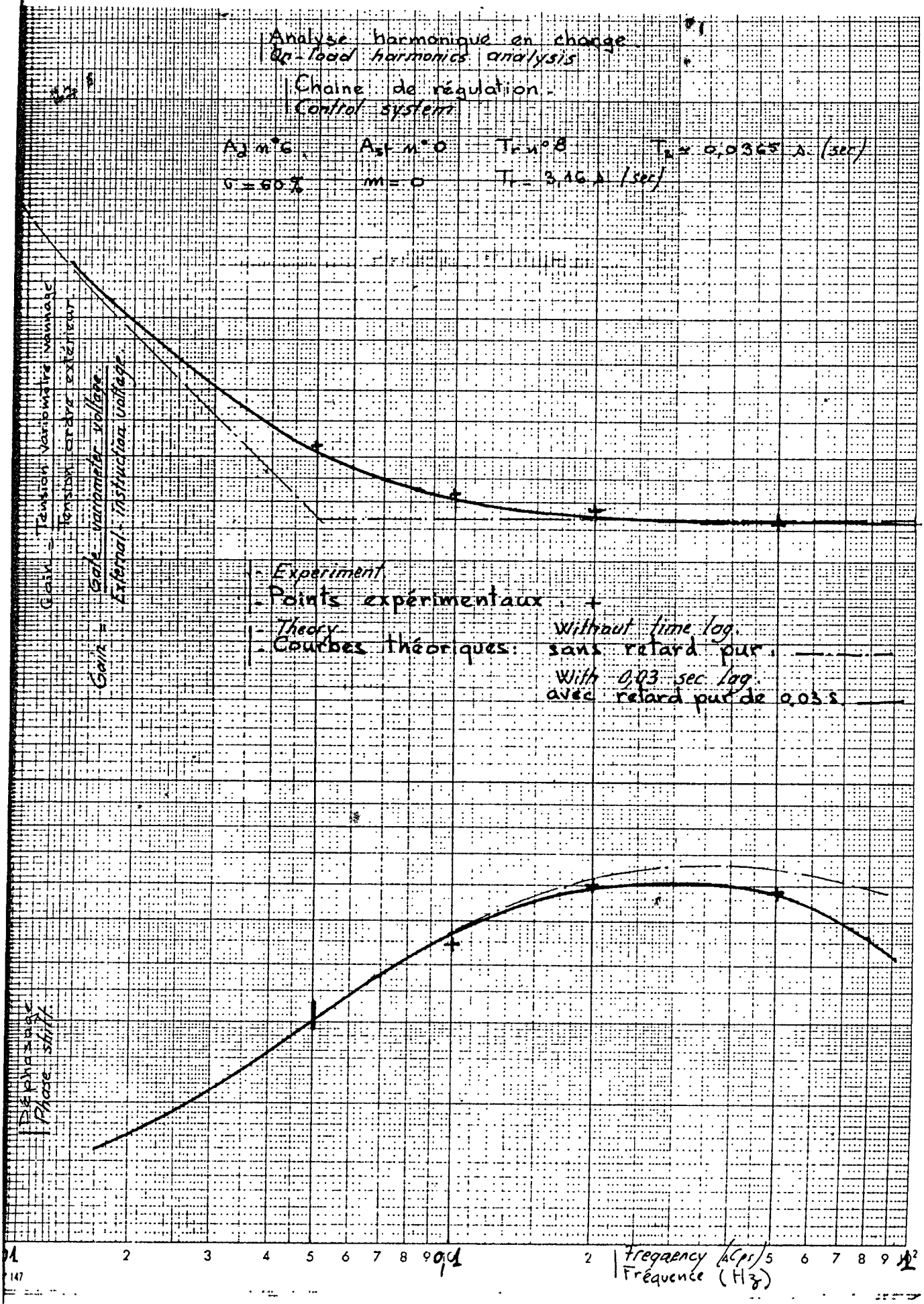


Ensayos

Ensayo de respuesta al escalón



Ensayo de respuesta armónica

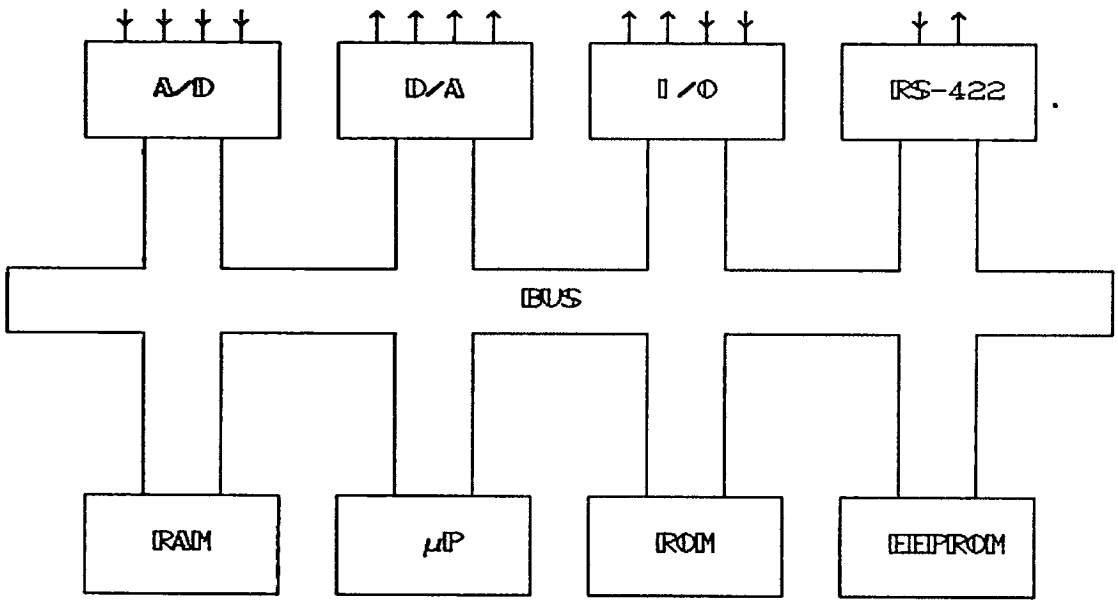

Analyse harmonique en charge
On-load harmonics analysis
Chaine de régulation
Control system
Aj m°6 Ast m°0 Tr n°8 Tn = 0,0365 s. (sec)
6 = 60 % m = 0 Tr = 3,16 s. (sec)
Gain = Tension variomètre vannage
Gain = Tension variomètre extérieur
Gain = variomètre voltage
External instruction voltage
Experiment
Points expérimentaux : +
Theory
Courbes théoriques:
Without time lag.
sans retard pur : ——.——.——
With 0,03 sec. lag.
avec retard pur de 0,03 s. ——
Phase shift
Déphasage
Frequency (cps)
Fréquence (Hz)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0,1 2 5 6 7 8 9 1 10²

Reguladores con microprocesador

Convertidores A/D y D/A

Muestreo

Prioridades

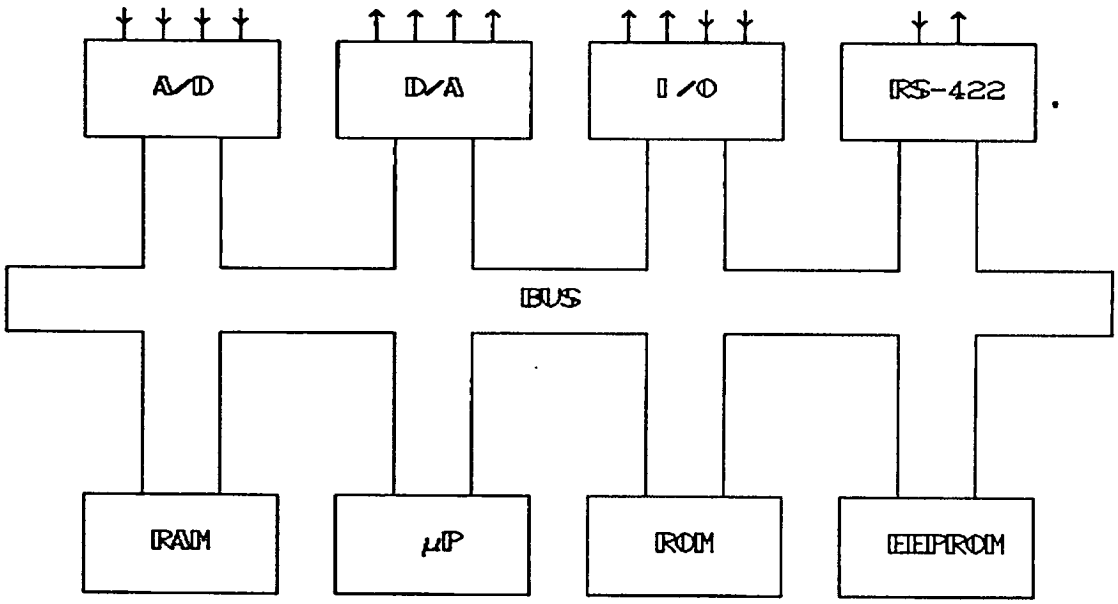


Reguladores con microprocesador

Convertidores A/D y D/A

Muestreo

Prioridades



Ventajas

Visualización de los parametros

Modificación de los parámetros durante la operación

Posibilidad de adaptación

Fácil conexión a un computador central

Compacidad

Inmunidad al ruido

Autoprueba

Monitoreo del rendimiento